BEFS

# BIOÉNERGIE ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ÉVALUATION RAPIDE (BEFS RA)

## Manuel d'Utilisation

# BIOGAZ COMMUNAUTAIRE

FAO FIAT PANIS

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

© FAO, 2014

La FAO encourage l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Sauf indication contraire, le contenu peut être copié, téléchargé et imprimé aux fins d'étude privée, de recherches ou d'enseignement, ainsi que pour utilisation dans des produits ou services non commerciaux, sous réserve que la FAO soit correctement mentionnée comme source et comme titulaire du droit d'auteur et à condition qu'il ne soit sous-entendu en aucune manière que la FAO approuverait les opinions, produits ou services des utilisateurs.

Toute demande relative aux droits de traduction ou d'adaptation, à la revente ou à d'autres droits d'utilisation commerciale doit être présentée au moyen du formulaire en ligne disponible à www.fao.org/contact-us/licence-request ou adressée par courriel à copyright@fao.org.

Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être achetés par courriel adressé à publications-sales@fao.org.

Évaluation Rapide BEFS

# Module Options d'Utilisation Finale de l'Énergie

---

Sous-Module Chauffage et Cuisson

## **Biogaz Communautaire**

Manuel d'Utilisation

# Remerciements

L'Évaluation Rapide BEFS (BEFS RA) est le résultat d'un effort d'équipe auquel ont contribué les auteurs suivants (classés par ordre alphabétique)[1]: Giacomo Branca (Université de la Tuscia, Viterbo), Luca Cacchiarelli (Université de la Tuscia, Viterbo), Carlos A. Cardona (Université Nationale de la Colombie à Manizales), Erika Felix, Arturo Gianvenuti, Ana Kojakovic, Irini Maltsoglou, Jutamanee Martchamadol, Luis Rincon, Andrea Rossi, Adriano Seghetti, Florian Steierer, Heiner Thofern, Andreas Thulstrup, Michela Tolli, Monica Valencia (Université Nationale de la Colombie à Manizales) et Stefano Valle (Université de la Tuscia, Viterbo).

Des contributions et des apports ont également été reçus de Renato Cumani, Amir Kassam, Harinder Makkar, Walter Kollert, Seth Meyer, Francesco Tubiello et son équipe, Alessio d'Amato (Université de Rome, Tor Vergata) et Luca Tasciotti.

Nous tenons à remercier le Groupe de Travail sur la Bioénergie et la Sécurité Alimentaire du Malawi[2], ainsi que le National Biofuels Board[3] et son Groupe de Travail Technique des Philippines pour leur implication dans les essais pilotes de BEFS RA et leur feedback utile. Nous tenons également à exprimer notre gratitude à Rex B. Demafelis et son équipe de l'Université des Philippines de Los Baños pour leur précieux soutien lors de l'essai pilote.

L'Évaluation Rapide BEFS a bénéficié des commentaires fournis lors d'une réunion d'examen par les pairs qui s'est tenue au siège de la FAO en Février 2014 par Jonathan Agwe (International Fund for Agricultural Development); Adam Brown (International Energy Agency); Michael Brüntrup (German Institute for Development Policy); Tomislav Ivancic (Commission Européenne); Gerry Ostheimer (UN Sustainable Energy for All); Klas Sander (World Bank); James Thurlow (International Food Policy Research Institute); Arnaldo Vieira de Carvalho (Inter-American Development Bank); Jeremy Woods (Imperial College, University of London) et Felice Zaccheo (Commission Européenne). Des commentaires utiles ont également été fourni par Duška Šaša (Energy Institute Hrvoje Požar, Zagreb).

En outre, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à Monique Motty et Ivonne Cerón Salazar pour leur aide dans la finalisation des outils et des documents.

Le travail a été réalisé dans le cadre du projet de l'Évaluation Rapide BEFS (GCP/GLO/357/GER) financé par le Ministère Fédéral Allemand de l'Alimentation et l'Agriculture (BMEL).

[1] Sauf indication contraire, tous les auteurs étaient affiliés à la FAO au moment de leur contribution.

[2] Le Groupe de Travail BEFS au Malawi comprend les membres suivants: Ministry of Energy, Ministry of Lands, Housing, and Urban Development, Ministry of Finance, Ministry of Agriculture and Food Security, Ministry of Environment and Climate Change and Department of Forestry, Ministry of Industry and Trade, Ministry of Economic Planning and Development, Ministry of Labour and Vocational Training, Ministry of Transport and Public Infrastructure, Ministry of Information and Civic Education, Ministry of Local Government and Rural Development.

[3] Le National Biofuels Board est présidé par le Secretary of Department of Energy et comprend les members suivants: Department of Trade and Industry, Department of Science and Technology, Department of Agriculture, Department of Finance, Department of Labor and Employment, Philippine Coconut Authority, Sugar Regulatory Administration.

# Volumes du Manuel d'Utilisation de BEFS RA

I. Introduction à l'Approche et aux Manuels

II. Module Situation du Pays

III. Module Ressources Naturelles

1. Cultures

    Section 1 : Production de Cultures

    Section 2 : Budget de Cultures

2. Résidus Agricoles

    Résidus de Cultures et Résidus d'Élevage

3. Combustibles Ligneux et Résidus de Bois

    Section 1 : Exploitation Forestière et Résidus de Transformation du Bois

    Section 2 : Budget de Plantation de Combustibles Ligneux

IV. Module Options d'Utilisation Finale d'Énergie

1. Produits Intermédiaires ou Finaux

    Section 1 : Briquettes

    Section 2 : Granulés de Bois

    Section 3 : Charbon de Bois

2. Chauffage et Cuisson

    **Biogaz Communautaire**

3. Électrification Rurale

    Section 1 : Gazéification

    Section 2 : Huile Végétale Brute

    Section 3 : Combustion

4. Chaleur et Électricité

    Section 1 : Cogénération

    Section 2 : Biogaz Industriel

5. Transport

    Éthanol et Biodiesel

# Table des Matières

1 Vue d'Ensemble du Module Options d'Utilisation Finale de l'Énergie ..... 7
2 La *Composante Biogaz Communautaire* ..... 9
3 Termes et Définitions dans la *Composante Biogaz Communautaire* ..... 12
4 Champ d'Application et Objectif de la *Composante Biogaz Communautaire* ..... 12
5 Utilisation de la *Composante Biogaz Communautaire* ..... 13
5.1 Étape 1: La demande en énergie ..... 16
5.2 Étape 2: Données sur les intrants ..... 16
5.3 Étape 3: Calcul du coût de production de biogaz ..... 21
6 Hypothèses et Limites de la *Composante Biogaz Communautaire* ..... 22
7 Les Résultats de la *Composante Biogaz Communautaire* ..... 22
7.1 Vue d'ensemble du calcul des coûts de production (facultatif) ..... 22
7.2 Les résultats résumés par taille du biodigesteur ..... 25
7.3 Le résumé des résultats comparatifs ..... 28
8 Annexe ..... 30
8.1 Méthodologie et Résultats ..... 30
8.1.1 Production Volumétrique de Biogaz ..... 30
8.1.2 Les Matériaux de Construction ..... 31
8.1.3 Propriétés de Fumier ..... 32
8.1.4 Propriétés biogaz ..... 33
8.1.5 Propriétés de la bouillie biologique ..... 33
8.1.6 Calculs ..... 34
8.2 Les données requises pour exécuter l'outil ..... 35
9 Références ..... 36

# Liste des Figures

Figure 1: La Structure du Module Utilisation Finale de l'Énergie ..... 7
Figure 2 : Système de Production de Biogaz pour la Production d'Énergie en Milieu Rural ..... 10
Figure 3 : Structure des Feuilles Résultats de Biogaz Communautaire ..... 11
Figure 4 : Outil d'Évaluation Rapide pour la Production de Biogaz ..... 13
Figure 5 : Le Déroulement de l'Analyse en *Composante Biogaz Communautaire* et les Relations avec d'Autres Modules et Composantes BEFS RA ..... 14
Figure 6 : Systèmes de Biogaz pour l'Énergie Rurale ..... 15
Figure 7 : Consommation d'Énergie par Ménage ..... 16
Figure 8 : Le Type et la Taille du Fumier ..... 17
Figure 9a : Données Générales ..... 18
Figure 10 : La Demande d'Énergie et le Profil des Ménages ..... 19
Figure 11 : Avantages Sociaux ..... 20
Figure 12 : L'Évaluation des Coûts de Production ..... 21
Figure 13 : Coût de Transformation du Biogaz ..... 21
Figure 14 : Détails des Coûts de Production de Biogaz ..... 24
Figure 15 : Le Coût de Production et Résultats des Investissements ..... 25
Figure 16 : Avantages Sociaux Résultats ..... 26
Figure 17 : Résultats Avantages Économiques ..... 27
Figure 18 : Résultats de l'Analyse Financière ..... 28
Figure 19 : Disposition des Résultats Comparatifs ..... 29

# Liste des Tableaux

Tableau 1 : Propriétés de Base du Fumier ..... 32
Tableau 2 : Analyse Détaillée du Fumier ..... 32
Tableau 3 : Analyse Approximative du Fumier ..... 32
Tableau 4 : Propriétés pour le Modèle Contoin ..... 32
Tableau 5 : Composition du Biogaz ..... 33
Tableau 6 : Valeurs N-P-K de l'Engrais Biologique ..... 33
Tableau 7 : Les Données Requises pour Utiliser l'Outil ..... 35

# 1 Vue d'Ensemble du Module Options d'Utilisation Finale de l'Énergie

Comme expliqué dans l'introduction générale du manuel de formation BEFS RA, le module *Options d'Utilisation Finale de l'Énergie* est utilisé pour évaluer la viabilité techno-économique et socio-économique de différentes filières de production de bioénergie. Le module est divisé en cinq sections qui sont : Produits Intermédiaires ou Finaux, Chauffage et Cuisson, Électrification Rurale, Chaleur et Électricité et Transport. Chacun des sous-modules comprend un choix des composantes d'analyse pour évaluer la production de biocarburants spécifiques basés sur les technologies de traitement particulier, comme illustré sur la Figure 1. Ce module se base sur l'information générée dans le module *Ressources Naturelles* par rapport au type et à la quantité de matière première disponible. Pour une description plus détaillée du module il faut se référer à l'introduction générale du manuel de formation.

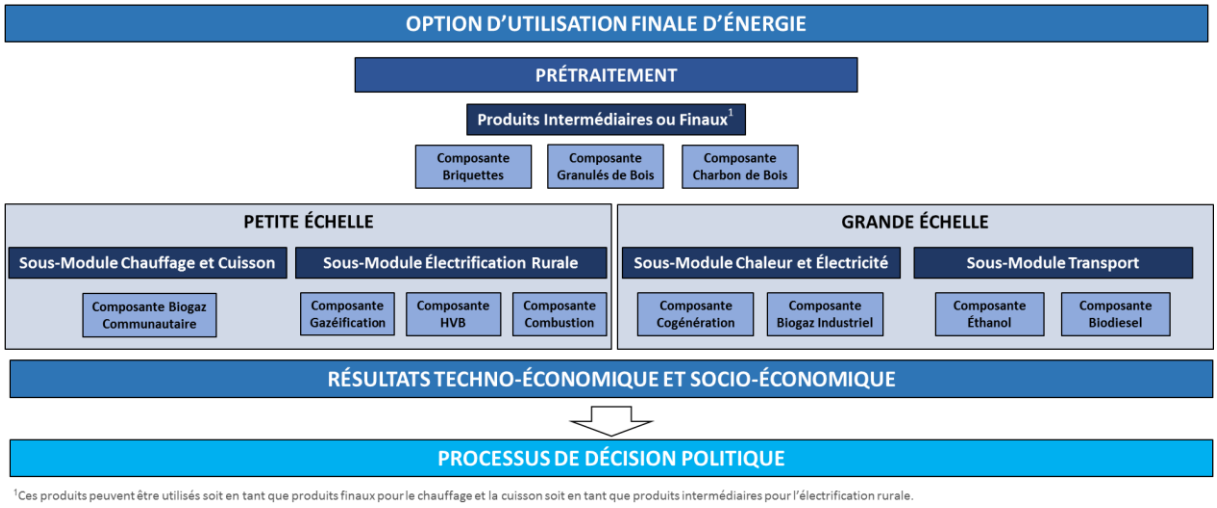



**Figure 1: La Structure du Module Utilisation Finale de l'Énergie**

Une description générale de chacun des sous-modules et de leurs composantes d'analyse respectives est présentée ci-dessous. Une discussion plus détaillée sur chacun des volets de l'analyse sera présentée dans le manuel utilisateur.

Le sous-module **Produits Intermédiaires ou Finaux** est utilisé pour évaluer la viabilité de la production de briquettes, granulés de bois et charbon de bois. La composante **Briquettes/Granulés de Bois** est utilisée pour évaluer le développement potentiel de la production de briquettes afin de fournir de l'énergie destinée au chauffage et à la cuisson dans les ménages ruraux et urbains. L'objectif de l'analyse est de fournir des informations sur le coût de production, les besoins en biomasse, la viabilité financière et les paramètres sociaux pour aider les utilisateurs dans leur décision de promouvoir la production de briquettes dans le pays. La composante **Charbon de Bois** est utilisée pour comparer les technologies de production de charbon de bois existantes avec les technologies améliorées et plus efficaces. Le but de l'analyse est d'évaluer le coût initial d'investissement des technologies améliorées, la viabilité financière du point de vue des producteurs de charbon de bois et les avantages sociaux et environnementaux que les technologies améliorées peuvent avoir par rapport aux technologies de production de charbon de bois existantes. Les résultats obtenus par l'analyse renseignent l'utilisateur sur les obstacles potentiels relatifs à l'adoption par les producteurs de technologies de charbon de bois améliorées.

Le sous-module **Chauffage et Cuisson** est utilisé pour évaluer la viabilité de la production de biogaz au niveau communautaire. La composante **Biogaz Communautaire** est utilisée pour évaluer le développement potentiel de la production de biogaz à partir du bétail au niveau des ménages et des communautés et compare trois différents types de technologie. La composante fournit des informations sur: 1) la quantité de biogaz qui peut être produite sur la base de la disponibilité du fumier, 2) la taille du biodigesteur nécessaire pour exploiter l'énergie, 3) le coût d'installation de trois types de technologies de biodigesteur. Ce volet fournit également des paramètres socio-économiques et financiers pour aider l'utilisateur à comprendre les possibilités et les conditions nécessaires au déploiement de la technologie biogaz dans leur pays.

Le sous-module **Électrification Rurale** est utilisé pour évaluer la viabilité de l'approvisionnement en électricité à partir de ressources de biomasse locales dans les zones reculées qui n'ont pas accès au réseau électrique. Le sous-module est composé de trois voies technologiques décentralisées pour l'électrification, à savoir : la gazéification, l'utilisation d'huile végétale brute (HVB) et la combustion. Les résultats de ce sous-module génèrent des estimations du coût de la production et distribution d'électricité, calcule la viabilité financière de l'électrification et informe sur les résultats sociaux et économiques associés à chaque voie alternative de technologie. La composante **Gazéification** analyse la combustion partielle de la biomasse pour produire un mélange de gaz qui est ensuite brûlé dans des moteurs à gaz pour produire de l'électricité. Le volet **Huile Végétale Brute (HVB)** s'appuie sur la composante des cultures agricoles dans le module Ressources Naturelles. Il évalue le potentiel de substitution du diesel par l'HVB dans les générateurs pour produire de l'électricité. La composante **Combustion** évalue la combustion de la biomasse pour produire du carburant qui fait tourner une turbine à vapeur afin de produire de l'électricité.

Le sous-module **Chaleur et Électricité** est utilisé pour évaluer la viabilité de la production d'électricité et de chaleur à partir de sources locales de biomasse. i Le sous-module est composé de deux voies technologiques décentralisées pour l'électrification et la chaleur, à savoir : la cogénération et le biogaz industriel. Les résultats de ce sous-module génèrent des estimations du coût de la production et distribution d'électricité et de chaleur, calcule la viabilité financière de l'électrification/chaleur et informe sur les résultats sociaux et économiques associés à chaque voie alternative de technologie. La composante **Cogénération** examine le potentiel de la production simultanée de chaleur et d'électricité à partir d'une source de biomasse, ce qui permet à l'utilisateur d'analyser une usine de production intégrée ou d'analyser le fonctionnement autonome d'un pur réseau électrique. La composante **Biogaz Industriel** évalue le potentiel de développer une industrie de biogaz pour l'électricité, la chaleur, la cogénération ou le biogaz amélioré. Ceci est fait en utilisant des eaux usées, les matières solides de haute ou faible humidité ou une combinaison des deux. Toutes les filières technologiques sont basées sur des technologies simples et facilement accessibles qui peuvent être facilement adaptables aux zones rurales éloignées.

Le sous-module **Transport** est utilisé pour évaluer la viabilité de la production de biocarburants liquides pour le transport, à savoir l'éthanol et le biodiesel. L'analyse s'appuie sur les résultats générés par les composants des ressources naturelles en termes de disponibilité des matières premières et sur le budget de la culture. Les outils couvrent l'éthanol et le biodiesel. Dans les sections de l'éthanol, les utilisateurs peuvent évaluer le potentiel de développement de l'industrie de l'éthanol dans le pays. De même, dans la section de biodiesel, peut être évalué le potentiel de développement de l'industrie du biodiesel. Les analyses donnent des résultats sur les estimations de coûts pour la production de biocarburant choisi en fonction de l'origine des matières premières , à savoir les petits exploitants , la combinaison petits exploitants/concessions ou commerciales et

selon quatre capacités de production prédéfinies , à savoir 5, 25, 50 et 100 millions de litres/an[4]. Les résultats comprennent également des informations sur la faisabilité économique et les paramètres socio-économiques. Dans cette composante, l'utilisateur a la possibilité d'inclure dans l'évaluation une analyse des émissions de GES qui couvre l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement des biocarburants sélectionnés.

Une autre option pour les utilisateurs consiste à utiliser la **Calculatrice de Prétraitement** avant d'utiliser les outils d'Utilisation Finale d'Énergie[5]. Cela permet à l'utilisateur de calculer les coûts supplémentaires de prétraitement de la biomasse sélectionnée afin d'obtenir les conditions spécifiques requises pour la conversion de la biomasse finale pour l'utilisation finale d'énergie.

## 2 La *Composante Biogaz Communautaire*

L'outil évaluation du biogaz est conçu pour aider l'utilisateur à évaluer le potentiel de développement de la production de biogaz qui servira à fournir de l'énergie pour le chauffage et la cuisson dans les ménages ruraux et urbains. L'objectif principal de cet outil est de générer des informations qui permettent à l'utilisateur de comprendre si l'adoption du biogaz peut être une source alternative d'énergie qui peut être promue dans les communautés. L'outil évalue le potentiel de production de biogaz à partir des bovins, des volailles et des porcs. Il analyse quatre tailles de biodigesteurs à la fois en fonction du nombre d'animaux d'élevage et la quantité de fumier disponible. Il peut être utilisé pour évaluer le coût de production du biogaz pour les trois types de réacteurs de biodigesteur : dôme fixe, tambour flottant et sacs en polyéthylène (digesteur tubulaire). La limite du système de production du biogaz qui peut être analysé par cet outil est représentée dans la Figure 2.

[4] La sélection des capacités prédéfinies des usines est basée sur une analyse bibliographique; voir le manuel sur le Transport pour plus de détails.

[5] La Calculatrice de Prétraitement peut être utilisée avant d'utiliser les outils d'Utilisation Finale d'Énergie. Les exceptions sont les *Outils Biogaz Communautaire et Transport* car ces outils comprennent déjà le prétraitement.

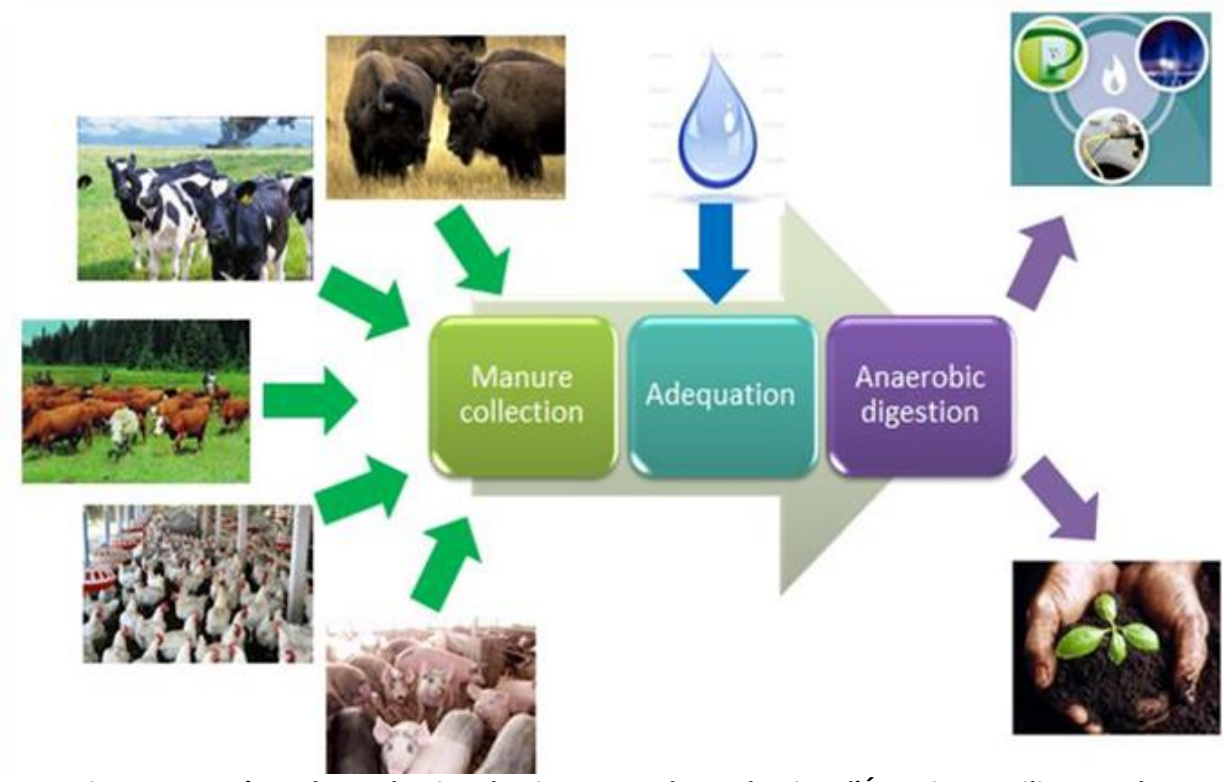
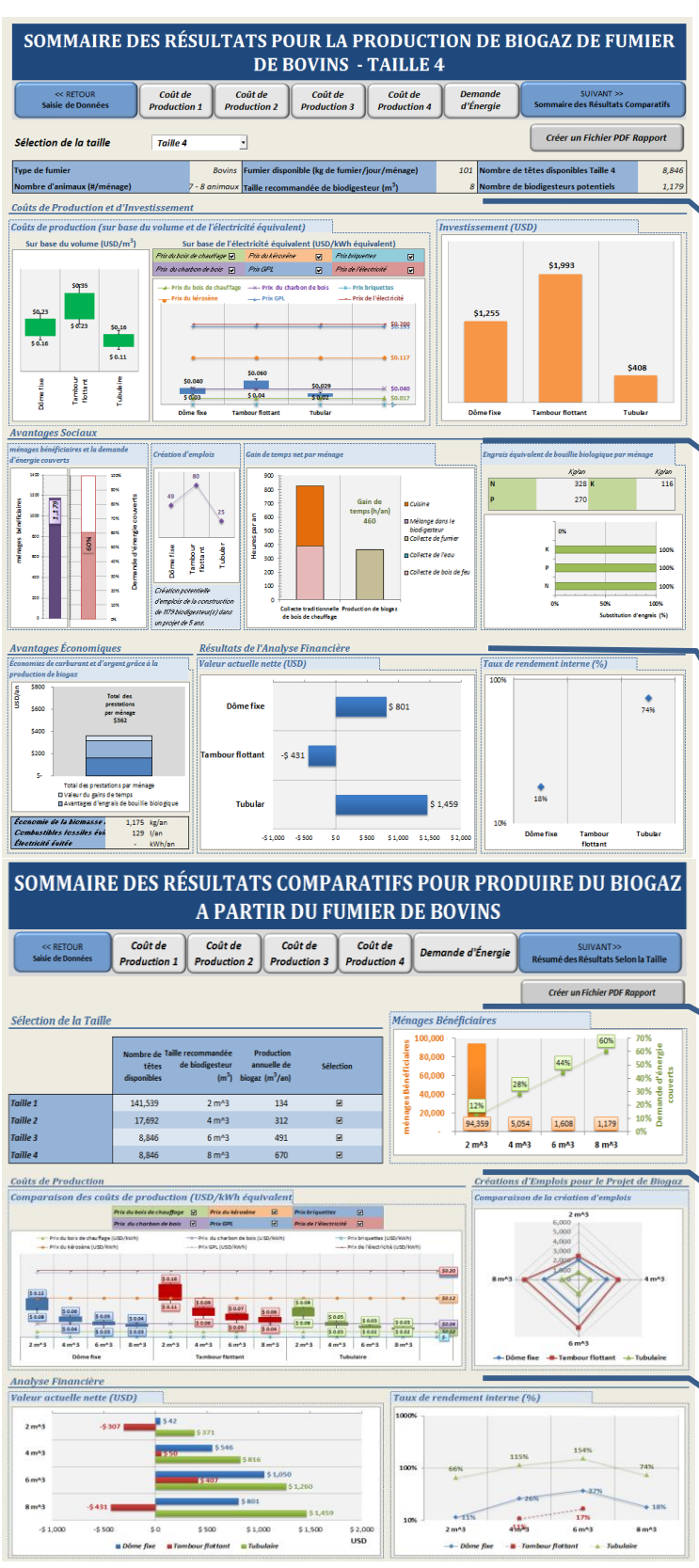



**Figure 2 : Système de Production de Biogaz pour la Production d'Énergie en Milieu Rural**

À la fin de l'analyse, l'utilisateur sera en mesure d'obtenir des informations sur le volume potentiel de biogaz qui peut être produit par jour et la taille de bioréacteur la plus appropriée ainsi que la comparaison du coût d'investissement pour trois types de technologies de biodigesteur : dôme fixe, tambour flottant ou tubulaire. Plus précisément, comme le montre la Figure 3, les résultats vont fournir une indication sur : 1) la taille recommandée du biodigesteur sur base de la quantité de biogaz qui peut être produit en fonction du type spécifique et de la quantité de fumier disponible; 2) le coût de l'investissement lié à la construction pour chacune des technologies du biodigesteur et le coût de production de biogaz par mètre cube; 3) le nombre potentiel de ménages qui peuvent être approvisionnés en biogaz pour satisfaire leurs besoins énergétiques pour le chauffage et la cuisson ; et 4) la quantité d'emplois qui peuvent être créés, les gains financiers potentiels et de temps qui peuvent être obtenus par l'utilisation du biogaz par rapport aux sources courantes d'énergie utilisées par les ménages. Les indicateurs financiers sur la valeur actualisée nette (VAN) et le taux de rendement interne (TRI) de la production de biogaz sont également présentés pour aider l'utilisateur à évaluer la viabilité financière des différentes technologies de biodigesteurs.




## Résultats Générales selon la Taille

**Résultats des Coûts de Production et d'Investissement:**
Coût de production de biogaz et Coût total d'investissement

**Avantages Sociaux:**
Nombre de ménages qui peut être approvisionné, Création totale d'emplois, Balance nette de économies de temps, et Remplacement d'engrais par bouillie biologique

**Avantages Économiques et Analyse Financière – Avant Taxes:**
Économies de carburant et d'argent, Valeur Actuelle Nette (VAN) et Taux de Rendement Interne (TRI)

## Comparaison de Résultats

**Ménages qui ont Bénéficié:**
Tableau comparatif des ménages qui sont couverts et Demande d'énergie qui sont couverts

**Couts de Production et Créations d'Emplois:**
Tableau comparatif des coûts de production (kWh et base de $m^3$) et Potentiel de création d'emplois dans le projet

**Analyse Financière – Avant Taxes:**
Valeur Actuelle Nette (VAN) et Taux de Rendement Interne (TRI)

**Figure 3 : Structure des Feuilles Résultats de Biogaz Communautaire**

# 3 Termes et Définitions dans la *Composante Biogaz Communautaire*

Cette section contient les définitions des termes spécifiques utilisés dans la *Composante Biogaz Communautaire*. Il est important de comprendre ces définitions et les prendre en compte tout au long de l'analyse, pour être en mesure d'interpréter correctement les résultats.

- **Biogaz** est une source d'énergie propre, efficace et renouvelable produite à partir de matières organiques qui peut être utilisée comme combustible alternatif. Le biogaz est produit lorsque les bactéries dégradent la matière organique en l'absence d'oxygène, dans un processus connu sous le nom de digestion anaérobie. Le biogaz peut être utilisé efficacement dans les poêles à gaz simples pour la cuisine et dans les lampes pour l'éclairage dans les zones rurales. Il peut remplacer l'utilisation du bois de feu, du charbon de bois ou du kérosène. Le développement de systèmes de production de biogaz dans les ménages des zones rurales des pays en développement est une alternative intéressante compte tenu de la disponibilité en matière organique (fumier) dans ces zones et en tenant compte de la rareté du bois de feu ou du manque d'accès aux combustibles fossiles dans ces communautés. Le déploiement de systèmes de production de biogaz nécessite une compréhension des avantages techniques, financiers et non-financiers que ces systèmes peuvent générer au niveau des ménages et au niveau national.
- **Dôme Fixe** se compose d'un digesteur ayant un support fixe de gaz non-mobile, qui se trouve au sommet du digesteur. Lorsque la production de gaz commence, la matière première est déplacée dans le bac de compensation. La pression du gaz augmente avec le volume de gaz stocké et avec la différence d'hauteur entre le niveau de la matière première dans le digesteur et son niveau dans le bac. Il n'y a pas de pièces en acier inoxydables et donc la durée de vie du dôme est considérée être de 20 ans. Le dôme est construit sous terre, ce qui le protège contre les dommages physiques et économise de l'espace.
- **Tambour Flottant** se compose d'un digesteur souterrain et un support à gaz mobile. Le support à gaz flotte soit directement sur la matière première en fermentation ou dans sa propre poche à eau. Le gaz est recueilli dans le tambour de gaz, qui augmente ou se déplace vers le bas, en fonction de la quantité de gaz stockée. Les pièces rouillées en acier doivent être enlevées et repeintes. La durée de vie de ce système est estimée à 20 ans.
- **Sac tubulaire ou en polyéthylène** se compose de digesteurs construits à partir de deux couches de polyéthylène en plastique en forme tubulaire. Un digesteur tubulaire est placé dans une tranchée avec une pente pour faciliter l'écoulement par gravité. Il est le moins cher et le plus facile à construire; toutefois, la durée de vie est seulement de 10 ans.
- **Travailleur semi-qualifié** se compose de personnel avec une compétence particulière ou une expérience spécialisée comme les maçons et les techniciens.
- **Travailleur non-qualifié** est un personnel sans compétence particulière qui effectue des tâches qui peuvent être apprises facilement avec quelques jours de formation.

# 4 Champ d'Application et Objectif de la *Composante Biogaz Communautaire*

Dans cette section de l'Évaluation Rapide BEFS, l'utilisateur sera en mesure d'évaluer le potentiel de développement de la production de biogaz pour les ménages à partir de du fumier de bétail pour fournir d'autres sources de combustibles de chauffage et de cuisson dans les zones rurales. Les résultats de l'analyse peuvent être utilisés pour identifier la viabilité de la production de biogaz en fonction de la taille la plus

appropriée, la viabilité financière des différents types de digesteurs, la taille optimale et le type de digesteur dans le pays ainsi que les avantages socio-économiques qui peuvent être obtenus à partir de la production de biogaz. L'outil a été développé sur base d'une recherche bibliographique approfondie. Les hypothèses et les détails des calculs utilisés pour développer l'outil sont présentés en Annexe.

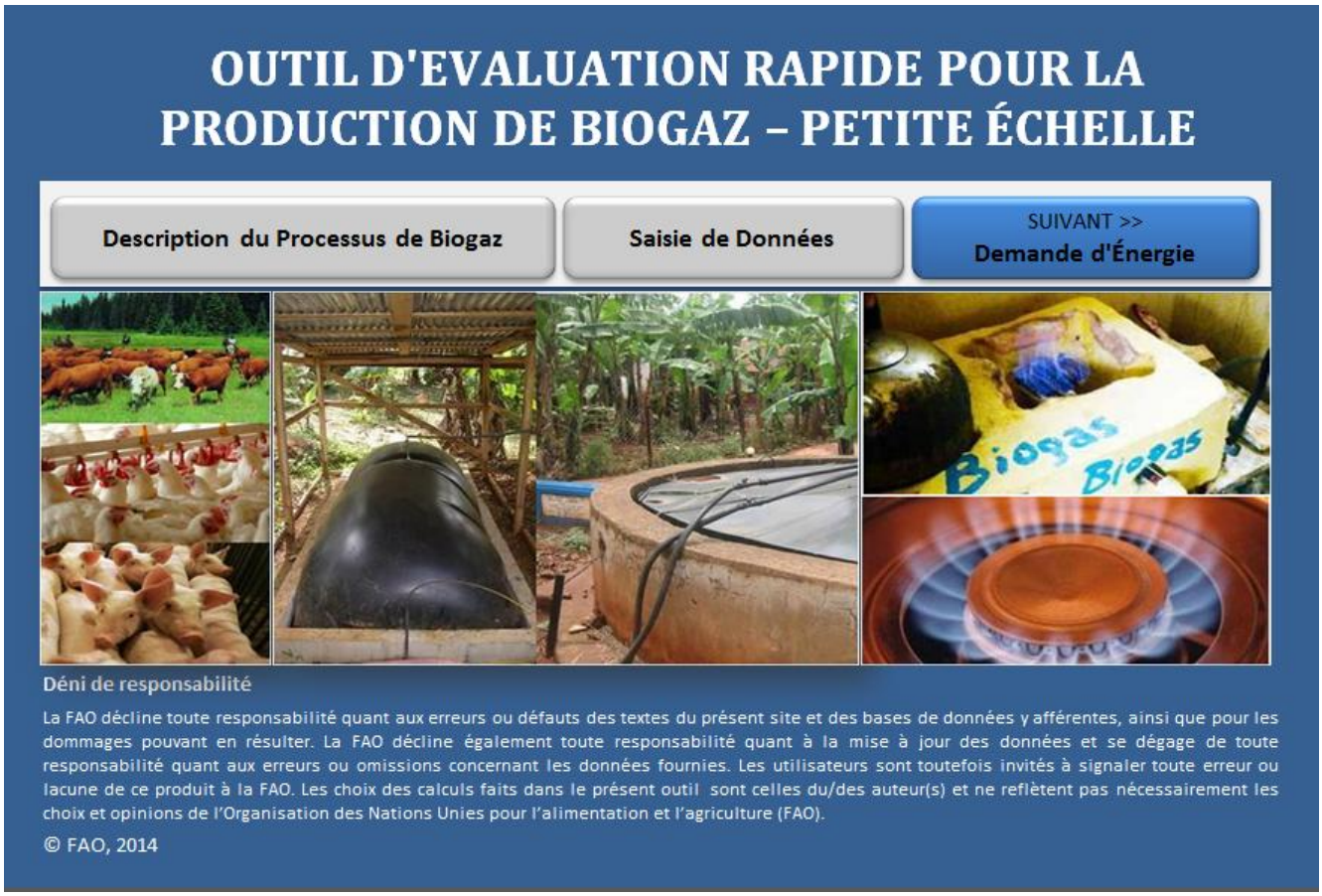

OUTIL D'EVALUATION RAPIDE POUR LA PRODUCTION DE BIOGAZ – PETITE ÉCHELLE
Description du Processus de Biogaz
Saisie de Données
SUIVANT >>
Demande d'Énergie
Biogas
Biogas
Déni de responsabilité
La FAO décline toute responsabilité quant aux erreurs ou défauts des textes du présent site et des bases de données y afférentes, ainsi que pour les dommages pouvant en résulter. La FAO décline également toute responsabilité quant à la mise à jour des données et se dégage de toute responsabilité quant aux erreurs ou omissions concernant les données fournies. Les utilisateurs sont toutefois invités à signaler toute erreur ou lacune de ce produit à la FAO. Les choix des calculs faits dans le présent outil sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les choix et opinions de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
© FAO, 2014

**Figure 4 : Outil d'Évaluation Rapide pour la Production de Biogaz**

# 5 Utilisation de la *Composante Biogaz Communautaire*

Le déroulement de l'analyse au sein de la *Composante Biogaz Communautaire* et sa relation avec les autres composantes est représenté dans la Figure 5. L'utilisateur a le choix de sélectionner les composantes d'analyse dans un ordre différent ou même omettre certains éléments. Il est toutefois fortement recommandé que l'utilisateur suive l'ordre et le déroulement de l'analyse comme décrit ci-dessous, étant donné que la *Composante Biogaz Communautaire* repose sur l'information générée dans le module *Ressources Naturelles* et certaines informations peuvent être utilisés dans d'autres modules. Les résultats de cette composante sont essentiels pour l'ensemble de l'analyse car il faut prendre en compte tous les facteurs pertinents, même lorsque certaines composantes de l'analyse sont omises (par exemple, les aspects liés à la sécurité alimentaire, le commerce agricole, etc.).

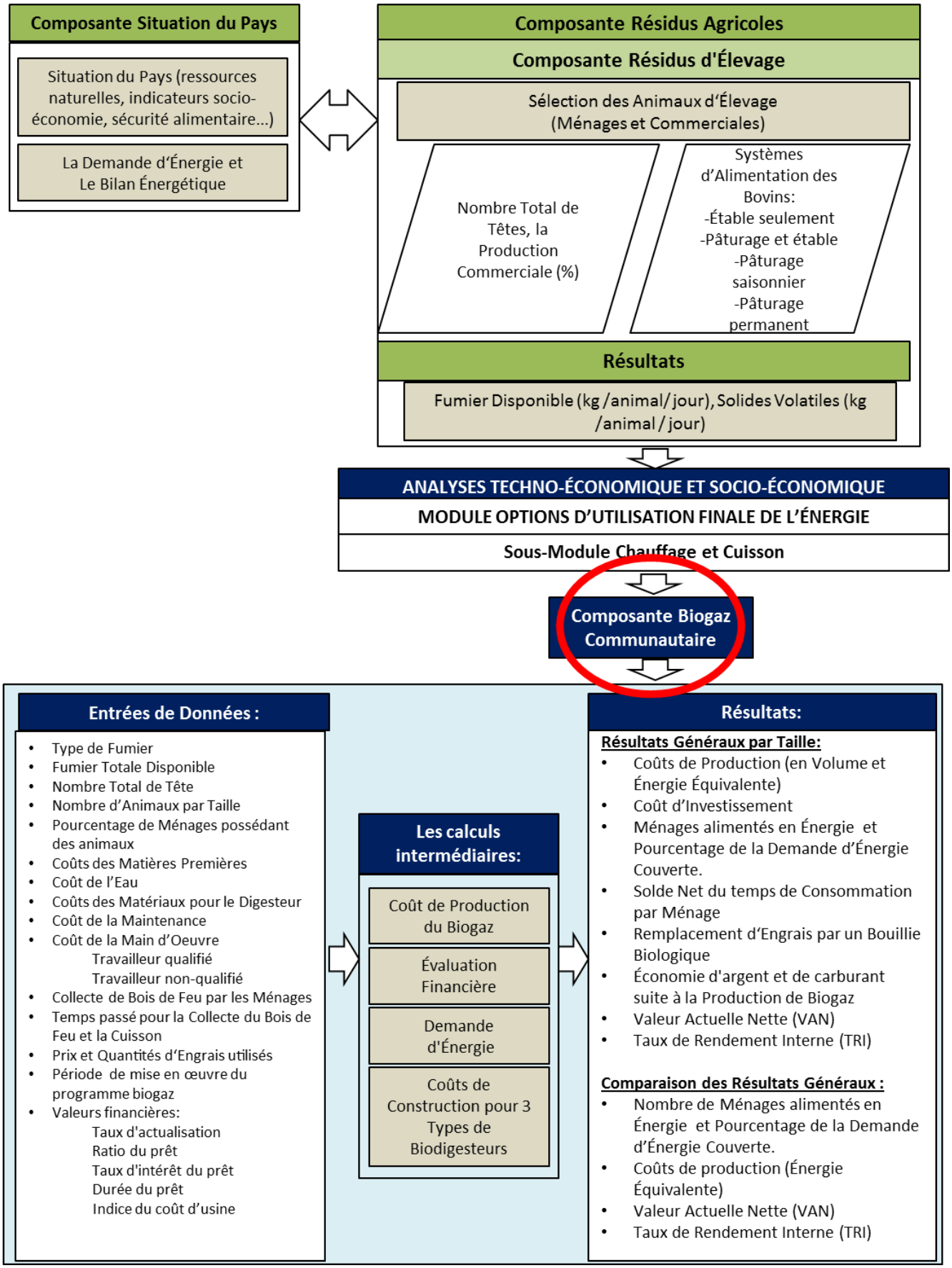

Composante Situation du Pays
Situation du Pays (ressources naturelles, indicateurs socio-économie, sécurité alimentaire...)
La Demande d'Énergie et Le Bilan Énergétique
Composante Résidus Agricoles
Composante Résidus d'Élevage
Sélection des Animaux d'Élevage (Ménages et Commerciales)
Nombre Total de Têtes, la Production Commerciale (%)
Systèmes d'Alimentation des Bovins: -Étable seulement -Pâturage et étable -Pâturage saisonnier -Pâturage permanent
Résultats
Fumier Disponible (kg /animal/ jour), Solides Volatiles (kg /animal / jour)
ANALYSES TECHNO-ÉCONOMIQUE ET SOCIO-ÉCONOMIQUE
MODULE OPTIONS D'UTILISATION FINALE DE L'ÉNERGIE
Sous-Module Chauffage et Cuisson
Composante Biogaz Communautaire
Entrées de Données :
Type de Fumier
Fumier Totale Disponible
Nombre Total de Tête
Nombre d'Animaux par Taille
Pourcentage de Ménages possédant des animaux
Coûts des Matières Premières
Coût de l'Eau
Coûts des Matériaux pour le Digesteur
Coût de la Maintenance
Coût de la Main d'Oeuvre
Travailleur qualifié
Travailleur non-qualifié
Collecte de Bois de Feu par les Ménages
Temps passé pour la Collecte du Bois de Feu et la Cuisson
Prix et Quantités d'Engrais utilisés
Période de mise en œuvre du programme biogaz
Valeurs financières:
Taux d'actualisation
Ratio du prêt
Taux d'intérêt du prêt
Durée du prêt
Indice du coût d'usine
Les calculs intermédiaires:
Coût de Production du Biogaz
Évaluation Financière
Demande d'Énergie
Coûts de Construction pour 3 Types de Biodigesteurs
Résultats:
Résultats Généraux par Taille:
Coûts de Production (en Volume et Énergie Équivalente)
Coût d'Investissement
Ménages alimentés en Énergie et Pourcentage de la Demande d'Énergie Couverte.
Solde Net du temps de Consommation par Ménage
Remplacement d'Engrais par un Bouillie Biologique
Économie d'argent et de carburant suite à la Production de Biogaz
Valeur Actuelle Nette (VAN)
Taux de Rendement Interne (TRI)
Comparaison des Résultats Généraux :
Nombre de Ménages alimentés en Énergie et Pourcentage de la Demande d'Énergie Couverte.
Coûts de production (Énergie Équivalente)
Valeur Actuelle Nette (VAN)
Taux de Rendement Interne (TRI)

**Figure 5 : Le Déroulement de l'Analyse en *Composante Biogaz Communautaire* et les Relations avec d'Autres Modules et Composantes BEFS RA**

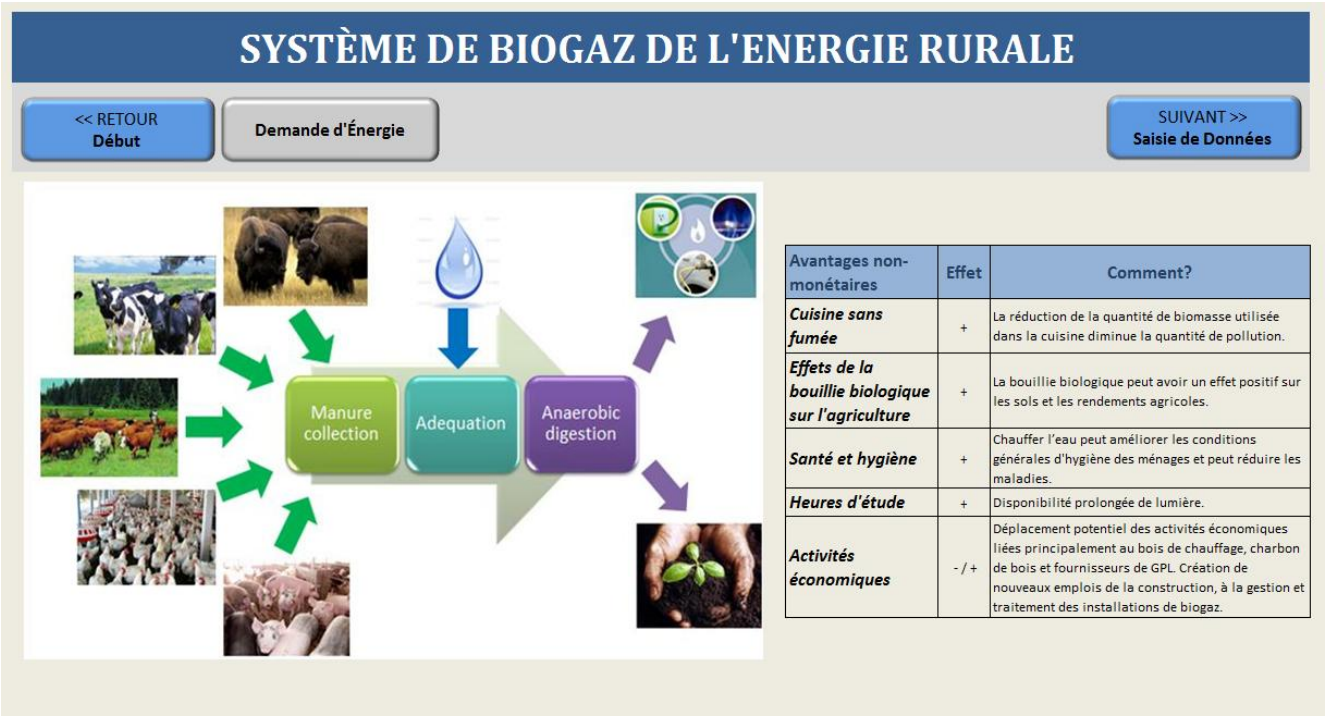
L'utilisateur navigue à travers les options et est invité à saisir les données nécessaires pour obtenir les résultats. Lorsque les données requises sont limitées ou non disponibles, l'utilisateur peut utiliser les valeurs par défaut fournies par l'outil. Les touches de navigation sont placés sur le haut et le bas de chaque feuille, indiquant l'étape suivante avec le signe "SUIVANT >>" et permettant à l'utilisateur de revenir à l'étape précédente avec la touche "<< RETOUR".

Dans cette section, un exemple est utilisé pour illustrer les étapes détaillées de l'analyse. L'exemple est basé sur l'utilisation du fumier de vache pour produire du biogaz dans des zones isolées où la majorité de l'énergie domestique est fournie par le bois de chauffage. Tous les paramètres entrés sont basés sur des études de cas en Tanzanie examinés par Ratamu (1999) et Schmitz (2007).

Au début de l'analyse, l'utilisateur dispose de trois options, avec les boutons de navigation suivantes: "Saisie de Données", " Description du Processus de Biogaz'' et ''Demande d'Énergie'', comme le montre la Figure 4.

Note: Ce n'est pas une étape obligatoire. Cette section présente un aperçu des limites de l'analyse.

1. **Description du Processus de l'Analyse Biogaz :** l'utilisateur va être orienté vers une représentation schématique des limites de l'analyse, comme l'indique la Figure 6.




| Avantages non-monétaires | Effet | Comment? |
|---|---|---|
| ***Cuisine sans fumée*** | + | La réduction de la quantité de biomasse utilisée dans la cuisine diminue la quantité de pollution. |
| ***Effets de la bouillie biologique sur l'agriculture*** | + | La bouillie biologique peut avoir un effet positif sur les sols et les rendements agricoles. |
| ***Santé et hygiène*** | + | Chauffer l'eau peut améliorer les conditions générales d'hygiène des ménages et peut réduire les maladies. |
| ***Heures d'étude*** | + | Disponibilité prolongée de lumière. |
| ***Activités économiques*** | - / + | Déplacement potentiel des activités économiques liées principalement au bois de chauffage, charbon de bois et fournisseurs de GPL. Création de nouveaux emplois de la construction, à la gestion et traitement des installations de biogaz. |

**Figure 6 : Systèmes de Biogaz pour l'Énergie Rurale**

2. **La Demande en Énergie:** l'utilisateur devra aller d'abord remplir les informations nécessaires dans cette section avant de poursuivre l'analyse.

3. **La Saisie des Données:** l'utilisateur saisi les données requises pour l'analyse. Les étapes détaillées pour effectuer l'analyse sont présentées ci-dessous.

## 5.1 Étape 1: La demande en énergie

L'utilisateur doit entrer le prix du marché actuel des carburants utilisés par les ménages et leurs volumes de consommation respectifs. Ces valeurs sont utilisées pour estimer les dépenses énergétiques et les exigences en équivalent biogaz dans les ménages (Figure 7).

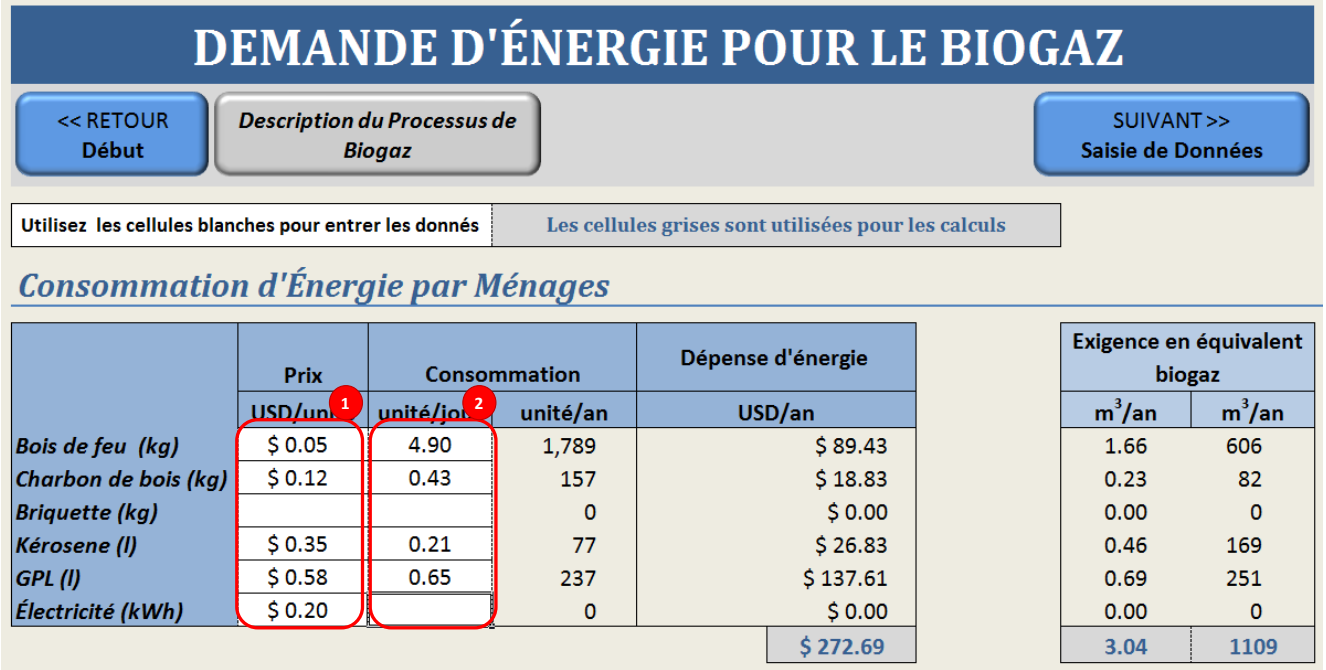



**Figure 7 : Consommation d'Énergie par Ménage**

Pour obtenir des résultats de cette analyse, l'utilisateur doit entrer les données suivantes:

- Prix du marché de chaque type d'énergie utilisée par ménage (Figure 7, étiquette 1)
- La consommation d'énergie de chaque type d'énergie utilisée par ménage (Figure 7, étiquette 2)

**Note:** Si le bois de chauffage est collecté et n'a pas de prix, il est recommandé qu'un prix approximatif soit calculé en utilisant le nombre d'heures pour la collecte et le prix de la main-d'œuvre dans les zones rurales.

## 5.2 Étape 2: Données sur les intrants

Ensuite, l'utilisateur doit cliquer sur "SUIVANT >> Saisie des Données" pour entrer les informations nécessaires. Les cellules blanches correspondent à des informations qui doivent être fournies par l'utilisateur. Dans certains cas, la valeur est limitée à un menu déroulant où l'utilisateur peut choisir une option donnée. Les résultats sont présentés dans les cellules grises.

L'outil fournit des valeurs par défaut pour certains paramètres (Figure 8, étiquette A).

***Ces valeurs par défaut sont basées sur des données mondiales ; donc l'utilisateur doit garder à l'esprit que lorsqu'il choisit cette option, les résultats peuvent ne pas correspondre exactement à la situation examinée.***

## Étape 2.A Sélection du type de fumier et de la définition du nombre d'animaux

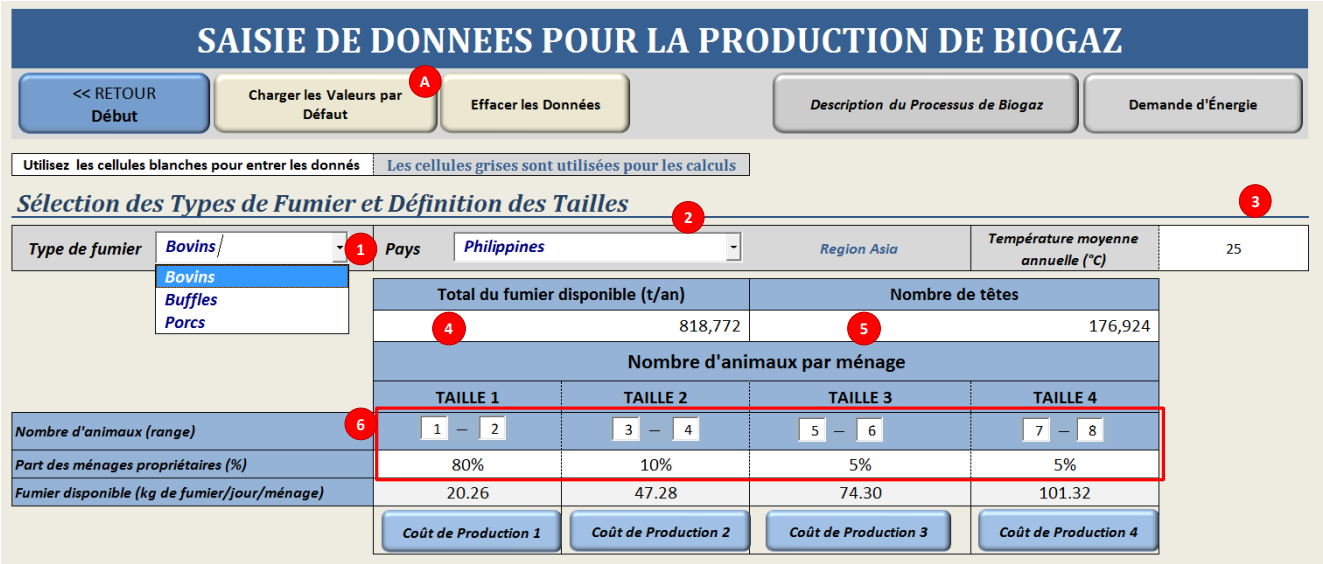


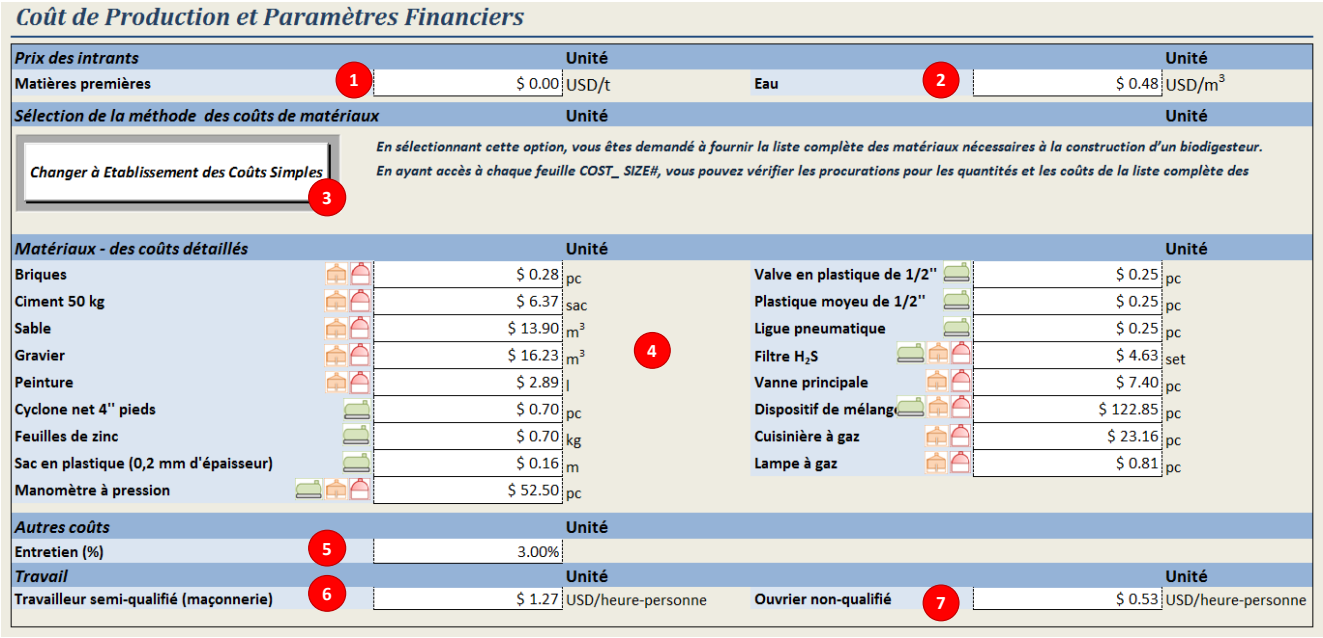

**Figure 8 : Le Type et la Taille du Fumier**

1. **Sélection du type de fumier** : Il y a trois options de fumier à choisir dans le menu déroulant (Figure 8, étiquette 1):
   - Bétail
   - Buffle
   - Porc
2. **Profil de pays**: L'utilisateur choisit dans le menu déroulant le pays où l'analyse est en cours et entre la température moyenne ambiante du pays en degrés Celsius (Figure 8, étiquette 2 et 3).
3. **Quantité totale de fumier disponible (t/an)**: L'utilisateur saisit la quantité totale de fumier disponible dans le pays, tel que calculé dans le module *Ressources Naturelles* (Figure 8, étiquettes 4).
4. **Nombre d'animaux :** L'utilisateur entre le nombre d'animaux qui fournissent du fumier dans le pays tel que défini dans le module *Ressources Naturelles* (Figure 8, étiquette 5).
5. **Définition des tailles du stock d'animaux :** L'utilisateur définit la plage du nombre d'animaux disponibles par ménage en entrant les limites supérieures et inférieures de chaque cellule (Figure 8, étiquette 6).
6. **Part des ménages propriétaires (%) :** L'utilisateur saisit alors les pourcentages de ménages possédant des animaux. Cette valeur est utilisée pour estimer plus tard le nombre potentiel de ménages qui peuvent bénéficier du biogaz (Figure 8, étiquette 6).

Sur base de cette information, l'outil calcule automatiquement la disponibilité en fumier en kg de fumier/ jour/ménage.

**Pour l'exemple des Philippines le fumier de "bétail" a été choisi, la température ambiante est définie à 25° C et toutes les autres valeurs sont utilisées dans l'analyse comme le montre la Figure 8.**

## Étape 2.B Entrées générales



*Coût de Production et Paramètres Financiers*

| *Prix des intrants* | | Unité | | | Unité |
|---|---|---|---|---|---|
| Matières premières | 1 $ 0.00 | USD/t | Eau | 2 $ 0.48 | USD/$m^3$ |
| *Sélection de la méthode des coûts de matériaux* | | Unité | | | Unité |

*Changer à Etablissement des Coûts Simples* (3)

*En sélectionnant cette option, vous êtes demandé à fournir la liste complète des matériaux nécessaires à la construction d'un biodigesteur. En ayant accès à chaque feuille COST_ SIZE#, vous pouvez vérifier les procurations pour les quantités et les coûts de la liste complète des*

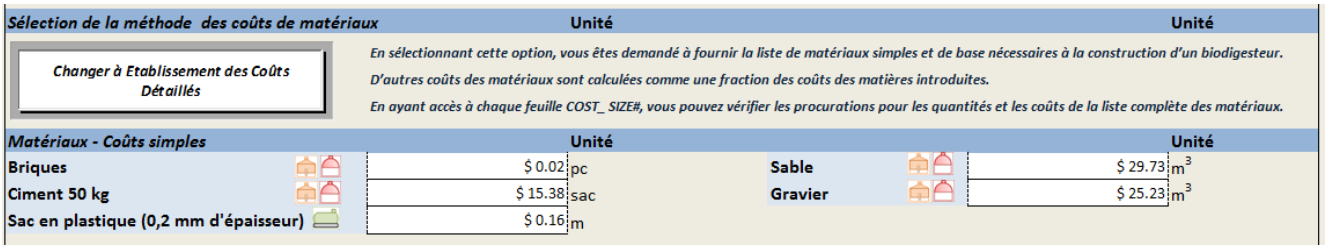
| *Matériaux - des coûts détaillés* | | Unité | | | Unité |
|---|---|---|---|---|---|
| Briques | $ 0.28 | pc | Valve en plastique de 1/2" | $ 0.25 | pc |
| Ciment 50 kg | $ 6.37 | sac | Plastique moyeu de 1/2" | $ 0.25 | pc |
| Sable | $ 13.90 | $m^3$ | Ligue pneumatique | $ 0.25 | pc |
| Gravier | $ 16.23 | $m^3$ | Filtre $H_2S$ | $ 4.63 | set |
| Peinture | $ 2.89 | l | Vanne principale | $ 7.40 | pc |
| Cyclone net 4" pieds | $ 0.70 | pc | Dispositif de mélang | $ 122.85 | pc |
| Feuilles de zinc | $ 0.70 | kg | Cuisinière à gaz | $ 23.16 | pc |
| Sac en plastique (0,2 mm d'épaisseur) | $ 0.16 | m | Lampe à gaz | $ 0.81 | pc |
| Manomètre à pression | $ 52.50 | pc | | | |

(4)

| *Autres coûts* | | Unité |
|---|---|---|
| Entretien (%) (5) | 3.00% | |

| *Travail* | | Unité | | | Unité |
|---|---|---|---|---|---|
| Travailleur semi-qualifié (maçonnerie) (6) | $ 1.27 | USD/heure-personne | Ouvrier non-qualifié (7) | $ 0.53 | USD/heure-personne |

**Figure 9a : Données Générales**



| *Sélection de la méthode des coûts de matériaux* | | Unité | | | Unité |
|---|---|---|---|---|---|

*Changer à Etablissement des Coûts Détaillés*

*En sélectionnant cette option, vous êtes demandé à fournir la liste de matériaux simples et de base nécessaires à la construction d'un biodigesteur. D'autres coûts des matériaux sont calculées comme une fraction des coûts des matières introduites. En ayant accès à chaque feuille COST_ SIZE#, vous pouvez vérifier les procurations pour les quantités et les coûts de la liste complète des matériaux.*

| *Matériaux - Coûts simples* | | Unité | | | Unité |
|---|---|---|---|---|---|
| Briques | $ 0.02 | pc | Sable | $ 29.73 | $m^3$ |
| Ciment 50 kg | $ 15.38 | sac | Gravier | $ 25.23 | $m^3$ |
| Sac en plastique (0,2 mm d'épaisseur) | $ 0.16 | m | | | |

**Figure 9b : Données Générales**

### 1. Prix des intrants :

- **Matières premières (USD/t)**: Dans le cas où le fumier n'est pas gratuit, l'utilisateur saisit le prix du fumier comme matière première en USD /tonne. S'il n'y a pas de prix monétaire associé avec le fumier il saisit -0 – (Figure 9a, étiquette 1).
- **Eau (USD/$m^3$)**: de même si l'eau doit être payée, l'utilisateur saisit son coût en USD/$m^3$. Si l'eau est collectée et il n'y a pas de prix monétaire associée et il saisit -0- (Figure 9a, étiquette 2).

**Hypothèse:** L'analyse par défaut suppose qu'il n'y a pas de frais pour le fumier et l'eau. Par contre cela prendra du temps pour recueillir et mélanger le fumier et l'eau/urine.

**Pour cet exemple, la matière première est gratuite et le prix de l'eau est de 0.48 USD/$m^3$.**

2. **Sélection de la méthode d'établissement des coûts des matériaux**: L'utilisateur a la possibilité de sélectionner l'évaluation des coûts pour la construction de biodigesteurs par une méthode simple ou une méthode détaillée (Figure 9a, étiquette 3).
   - **Méthode simple d'établissement des coûts :** Cette méthode nécessite des données sur les prix des articles qui représentent le coût le plus élevé. Les articles qui ne représentent qu'une petite partie du coût sont ensuite estimées en pourcentage du coût des intrants ayant les coûts plus élevés (Figure 9b).
   - **Méthode détaillée d'établissement des coûts :** Cette méthode nécessite que l'utilisateur saisisse le prix de tous les éléments nécessaires à la construction des biodigesteurs.

3. **Prix des matériaux de construction** : Dans cette étape , l'utilisateur saisit les prix actuels des matériaux de construction nécessaires à la construction des digesteurs (Figure 9a, étiquette 4).

4. **Entretien (%):** L'utilisateur saisit le pourcentage de l'entretien du biodigesteur par rapport au coût du prix de la construction. Par exemple, le pourcentage proposé pour la Tanzanie est de 1,5% (GTZ 2007) (Figure 9a, étiquette 5).

5. **Prix de la main-d'œuvre (USD/heure-personne)**: L' utilisateur saisit le coût de la main d'œuvre semi-qualifiée (maçonnerie ) et non-qualifiés (Figure 9a, étiquette 6).

**Pour cet exemple, les valeurs indiquées sur la Figure 9 ont été utilisées pour effectuer l'analyse.**

## Étape 2.C Profil des ménages

*Profil du Ménage*

| *Collecte de bois de feu* | | | *Utilisation du temps* | Temps passé en moyenne | Unité |
|---|---|---|---|---|---|
| Portion du ménage qui collecte du bois de feu | 1 | 55% | Collecte du bois de chauffage | 1.06 | h/jour |
| Portion du ménage qui achète du bois de feu | | 45% | Cuisson à l'aide du bois de feu | 2.00 | h/jour |
| *Possibilité de gagner un revenu de l'utilisation du biogaz dans les zones rurales* | | | *Activités liées à la production de biogaz* | Temps passé en moyenne | Unité |
| Portion du temps épargné net dédié à la génération de revenus (%) | 2 | 20% | Collection de fumier | 1.00 | h/jour |
| | | | Collecte d'eau | 0.00 | h/jour |
| | | | Mélange du digesteur | 0.00 | h/jour |

3

**Figure 10 : La Demande d'Énergie et le Profil des Ménages**

L'utilisateur définit les principaux aspects de la configuration d'un ménage rural typique en fournissant des informations sur les variables suivantes en matière de consommation d'énergie:

1. **Collecte de bois de chauffage des ménages (%):** Pourcentage des ménages ruraux qui collecte du bois de feu dans le pays (Figure 10, étiquette 1).
2. **Temps consacré à la collecte du bois de feu et à cuisiner**: Heures quotidiennes moyennes qu'un membre du ménage passe à (Figure 10, étiquette 3) :
   - Collecter le bois de feu (h/jour)
   - Cuisiner (h/jour)
3. **Le temps consacré à opérer le biodigesteur :** L'utilisation fournit une estimation d'heures par jour qu'un membre du ménage passe à (Figure 10, étiquette 3):

**Note:** Cette information est utilisée pour estimer les bénéfices potentiels obtenus suite au développement de systèmes à biogaz au niveau des ménages. Des valeurs par défaut sont disponibles.

- Recueillir le fumier (h/jour)
- Recueillir l'eau (h/jour)
- Remplir le biodigesteur avec des excréments - les pailles ont été enlevés- et à mélanger le fumier avec l'eau pour charger le biodigesteur (h/jour)

4. **Opportunités de générer un revenu dans les zones rurales avec des économies de temps suite à l'utilisation du biogaz (%)** : L'utilisateur devra entrer un pourcentage du temps qui peut être potentiellement utilisé pour des activités génératrices de revenus suite à l'utilisation du biogaz (Figure 10, étiquette 2). Par exemple, en Afrique Sub-Saharienne 20% du gain de temps, pourrait être utilisé pour générer des revenus (Winrock International, 2007).

**Guidance:** On suppose que seule une partie du temps économisé suite à l'utilisation du biogaz est consacrée à des activités génératrices de revenus, en prenant en considération les opportunités limitées qui peuvent se présenter en zones rurales. .

**Pour cet exemple, les valeurs indiquées sur la Figure 10 ont été utilisées pour effectuer l'analyse.**

## Étape 2.D: Les avantages sociaux

1. L'utilisateur doit saisir des données sur les engrais, à savoir les prix (USD/kg) et la consommation (kg/an) pour (Figure 11, étiquette 1):
   - Azote
   - Phosphore
   - Potassium
2. L'utilisateur devra également identifier si le fumier est directement et actuellement utilisé comme engrais. Si oui, la consommation d'engrais doit être entrée en kg/an (Figure 11, étiquette 2).

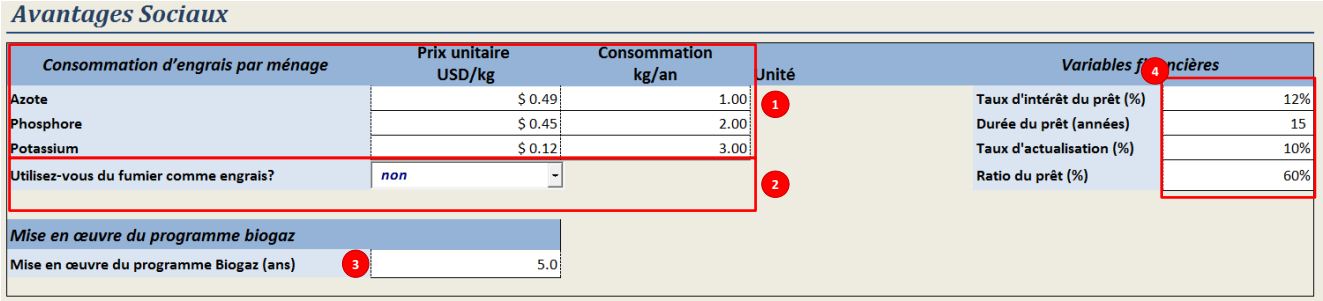



**Figure 11 : Avantages Sociaux**

3. L'utilisateur définit les valeurs pour les paramètres financiers suivants (Figure 11, étiquette 3):
   - Taux d'intérêt du prêt (%)
   - Durée du prêt (années)
   - Rapport du prêt (%)
   - Taux d'actualisation (%)

**Note:** Ces données peuvent provenir de la Banque Centrale du pays ou des crédits agricoles du pays.

**Note:** Ces données seront utilisées pour calculer le nombre d'emplois créé par la construction des biodigesteurs dans le pays. Les programmes sont typiquement de 5 ans.

**4.** L'utilisateur saisit le temps de mise en œuvre du programme. Il s'agit de la période au cours de laquelle les biodigesteurs seront construits dans le pays (Figure 11, étiquette 3).

**Pour cet exemple, les valeurs indiquées sur la Figure 11 ont été utilisées pour effectuer l'analyse.**

## 5.3 Étape 3: Calcul du coût de production de biogaz

Après avoir entré les données dans les Étapes 1 et 2, l'utilisateur peut cliquer sur l'un des boutons de "Coût de Production" (Figure 12, étiquette 1).

| | Total du fumier disponible (t/an) | | Nombre de têtes | |
|---|---|---|---|---|
| | 818,772 | | 176,924 | |
| | Nombre d'animaux par ménage | | | |
| | TAILLE 1 | TAILLE 2 | TAILLE 3 | TAILLE 4 |
| *Nombre d'animaux (range)* | 1 – 2 | 3 – 4 | 5 – 6 | 7 – 8 |
| *Part des ménages propriétaires (%)* | 80% | 10% | 5% | 5% |
| *Fumier disponible (kg de fumier/jour/ménage)* | 20.26 | 47.28 | 74.30 | 101.32 |
| 1 | *Coût de Production 1* | *Coût de Production 2* | *Coût de Production 3* | *Coût de Production 4* |

**Figure 12 : L'Évaluation des Coûts de Production**

Cela va apporter l'utilisateur à la section de traitement de budget pour la taille de production choisie (Figure 13).

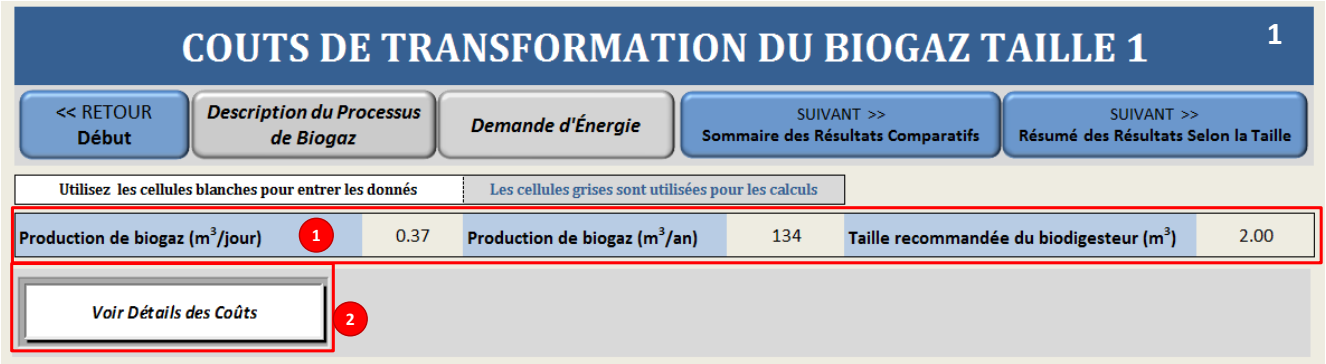



**Figure 13 : Coût de Transformation du Biogaz**

Dans cette fiche, l'utilisateur trouvera des informations sur la quantité de biogaz qui peut être produite en $m^3$/jour et $m^3$/an et la taille recommandée du biodigesteur qui peut être construit (Figure 13, étiquette 1).

Dans cette section, l'utilisateur peut également considérer les calculs détaillés du coût de la construction du biodigesteur (Figure 13, étiquette 2). Cet aspect est discuté dans la section des résultats.

**Pour cet exemple, la Taille 1 de la production de biogaz est estimée à 0.37 $m^3$ par jour. La taille recommandée du biodigesteur est de 2 $m^3$ (Figure 13).**

# 6 Hypothèses et Limites de la *Composante Biogaz Communautaire*

Avant de commencer l'analyse, l'utilisateur doit se familiariser avec les hypothèses et les limites de l'outil. Par conséquent, il devrait prendre ces limites en considération lors de l'analyse et surtout l'interprétation des résultats.

Les limites de la *Composante Biogaz Communautaire* sont :

1. Seuls les buffles, les bovins, les porcs et les engrais sont considérés.
2. Les éléments solides volatils (VS) contenus dans la matière première doivent être inférieurs à 100 $kg/m^3$.
3. Le modèle ne peut pas procéder à une analyse en utilisant la co-digestion ou des mélanges de plus d'un type de fumier.
4. le modèle fonctionne pour des températures comprises entre 5 et 60°C.
5. L'analyse ne peut être exécutée que pour un type de fumier à la fois. L'utilisateur a la possibilité d'enregistrer les résultats de la première analyse et de refaire l'analyse pour un autre type de fumier.
6. L'outil peut analyser 4 tailles de réacteur de biodigesteur pour un type de bovins et de fumier disponible.
7. L'utilisateur peut choisir d'analyser que pour trois types de biodigesteurs : dômes fixes, batterie flottante et tubulaire (sacs en polyéthylène).
8. La durée de vie du biodigesteur est de 20 ans pour les deux dômes fixes et les réacteurs de batterie flottante; et de 10 ans pour le digesteur tubulaire. Par conséquent, l'analyse financière pour les réacteurs fixes et batterie flottante est de 20 ans et 10 ans pour le digesteur tubulaire.
9. Les calculs pour déterminer la taille et pour la réalisation de l'évaluation du coût de la construction des biodigesteur sont basés sur les éléments solides volatils (VS) disponibles dans le fumier selon l'une des régions du monde, et basés sur la quantification effectuée dans le module *Ressources Naturelles*.

# 7 Les Résultats de la *Composante Biogaz Communautaire*

## 7.1 Vue d'ensemble du calcul des coûts de production (facultatif)

Une fois que l'utilisateur à insérer toutes les données nécessaires (Étapes 1 à 3), il/elle a le choix de revoir en détail les coûts de production en sélectionnant la touche "Afficher les détails des coûts" (Figure 13, étiquette 2). Il existe quatre composantes principales dans le document de travail, comme expliqué ci-dessous (Figure 14).

- **PARTIE 1** (Figure 14, étiquette 1) montre la répartition des coûts de production ainsi que les catégories suivantes: les intrants, la main-d'œuvre, les coûts d'exploitation, d'entretien, d'investissement et les

intérêts de l'emprunt. Les coûts totaux de production (USD/an) des trois types de biodigesteurs (dôme fixe, batterie flottante et tubulaire) sont également résumés.

- **PARTIE 2** (Figure 14, étiquette 2) montre le coût unitaire de production de biogaz (USD/$m^3$) pour chacun des types de biodigesteurs.
- **PARTIE 3** (Figure 14, étiquette 2) résume les détails financiers : montant du prêt, intérêts sur le prêt et le paiement annuel du prêt qui sont utilisés dans l'analyse financière.
- **PARTIE 4** (Figure 14, étiquette 4) les boutons "analyse financière" ouvre la feuille de calcul pour aller à l'analyse financière détaillée pour chaque type de biodigesteur pour la taille sélectionnée.

# COUTS DE TRANSFORMATION DU BIOGAZ TAILLE 1

<< RETOUR Début | Description du Processus de Biogaz | Demande d'Énergie | SUIVANT >> Sommaire des Résultats Comparatifs | SUIVANT >> Résumé des Résultats Selon la Taille

Utilisez les cellules blanches pour entrer les donnés | Les cellules grises sont utilisées pour les calculs

| Production de biogaz ($m^3$/jour) | 0.37 | Production de biogaz ($m^3$/an) | 134 | Taille recommandée du biodigesteur ($m^3$) | 2.00 |
|---|---|---|---|---|---|

Masquer les Détails des Coûts

## Détails sur les Coûts de Production

1

| | | | Options de Biodigesteur — Dôme fixe | | Tambour flottant | | Tubulaire | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Analyse Financière Dôme fixe | | Analyse Financière Tambour flottant | | Analyse Financière Tubulaire | |
| **Coûts opérationnels** | **Unité** | **Prix unitaire (USD/unité)** | **Quantité (unité/an)** | **Total (USD/an)** | **Quantité (unité/an)** | **Total (USD/an)** | **Quantité (unité/an)** | **Total (USD/an)** |
| *Matières premières* | t | $ 0.00 | 7.4 | $ - | 7.4 | $ - | 7.4 | $ - |
| *Eau/urine* | $m^3$ | $ 0.48 | 8.9 | $ 4 | 8.9 | $ 4 | 8.9 | $ 4 |
| *Sous-total* | | USD/an | | $ 4 | | $ 4 | | $ 4 |
| **Main-d'oeuvre pour l'installation et la construction** | **Unité** | **Prix unitaire (USD/personne/heure)** | **Quantité (personne-jour)** | **Total (USD)** | **Quantité (personne-jour)** | **Total (USD)** | **Quantité (personne-jour)** | **Total (USD)** |
| *Ouvrier non qualifié* | personne-jour | $ 0.53 | 18.4 | $ 78 | 21.8 | $ 92 | 5.4 | $ 23 |
| *Ouvrier qualifié* | personne-jour | $ 1.27 | 6.0 | $ 61 | 7.4 | $ 75 | 3.2 | $ 32 |
| *Travail total pour l'installation* | | USD | $ 139 | | $ 167 | | $ 55 | |
| **Matériaux de construction** | **Unité** | **Prix unitaire (USD/unité)** | **Quantité (unité)** | **Total (USD)** | **Quantité (unité)** | **Total (USD)** | **Quantité (unité)** | **Total (USD)** |
| *Briques* | pc | $ 0.28 | 876.0 | $ 245 | 1,751.9 | $ 491 | | |
| *Ciment 50 kg* | bag | $ 6.37 | 9.4 | $ 60 | 8.5 | $ 54 | | |
| *Sable* | $m^3$ | $ 13.90 | 1.8 | $ 25 | 1.1 | $ 15 | | |
| *Gravier* | $m^3$ | $ 16.23 | 1.0 | $ 16 | 0.6 | $ 10 | | |
| *Sac tubulaire (0,2 mm thick)* | metre | $ 0.16 | | | | | 16.5 | $ 3 |
| *Autres accessoires* | % | | 17% | $ 115 | 19% | $ 185 | 6% | $ 14 |
| *Peinture* | l | $ 2.89 | 0.6 | $ 2 | 2.1 | $ 6 | | |
| *Cyclone net 4" pieds* | roll | $ 0.70 | | $ - | | $ - | 0.2 | $ 0 |
| *Feuilles de zinc* | kg | $ 0.70 | | $ - | | $ - | 2.4 | $ 2 |
| *Valve en plastique de 1/2"* | pc | $ 0.25 | | $ - | | $ - | 4.0 | $ 1 |
| *Plastique moyeu de 1/2"* | pc | $ 0.25 | | $ - | | $ - | 2.0 | $ 1 |
| *Ligue pneumatique* | pc | $ 0.25 | | $ - | | $ - | 60.0 | $ 15 |
| *Cuisinière à gaz* | pc | $ 23.16 | 1.0 | $ 23 | 1.0 | $ 23 | 1.0 | $ 23 |
| *Lampe à gaz* | pc | $ 0.81 | 1.0 | $ 1 | 1.0 | $ 1 | 1.0 | $ 1 |
| *Vanne principale* | pc | $ 7.40 | 1.0 | $ 7 | 1.0 | $ 7 | 1.0 | $ 7 |
| *$H_2S$ filtre* | set | $ 4.63 | 1.0 | $ 5 | 1.0 | $ 5 | 1.0 | $ 5 |
| *Manomètre à pression* | pc | $ 52.50 | 1.0 | $ 53 | 1.0 | $ 53 | 1.0 | $ 53 |
| *Dispositif de mélange* | pc | $ 122.85 | 1.0 | $ 123 | 1.0 | $ 123 | 1.0 | $ 123 |
| *Total des matériaux de construction* | | USD | $ 673 | | $ 971 | | $ 247 | |
| *Coût total d'investissement* | | USD | $ 813 | | $ 1,139 | | $ 302 | |
| | | | Amortissement total | $ 41 | Amortissement total | $ 57 | Amortissement total | $ 30 |
| *Coût total de l'entretien* | | 3% | | $ 1.22 | | $ 1.71 | | $ 0.91 |
| *Sous-total des coûts fixes* | | USD/an | | $ 42 | | $ 59 | | $ 31 |
| **Autres coûts** | | | | **Total (USD/an)** | | **Total (USD/an)** | | **Total (USD/an)** |
| *Intérêt du prêt* | | | | $ 28 | | $ 40 | | $ 21 |
| *Sous-total des coûts fixes* | | USD/an | | $ 28 | | $ 40 | | $ 21 |

| Coûts totals | Dôme fixe (USD/an) | | Tambour flottant (USD/an) | | Tubulaire (USD/an) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Coûts totals d'opérations* | $ 4 | 6% | $ 4 | 4% | $ 4 | 8% |
| *Total des coûts fixes* | $ 42 | 56% | $ 59 | 57% | $ 31 | 55% |
| *Total des autres coûts* | $ 28 | 38% | $ 40 | 39% | $ 21 | 37% |
| *Total des coûts de production* | $ | 74 | $ | 103 | $ | 56 |

## Total des coûts de production

2

| | Options de Biodigesteur — Dôme fixe | Tambour flottant | Tubulaire |
|---|---|---|---|
| *Coût unitaire de production de biogaz (USD/$m^3$)* | $ 0.56 | $ 0.77 | $ 0.42 |

| Intérêt moyen des prêts sans politique 3 | Unité | Ratio du prêt (%) | Dôme fixe: Investissement total (USD) | Dôme fixe: Montant du prêt (USD) | Tambour flottant: Investissement total (USD) | Tambour flottant: Montant du prêt (USD) | Tubulaire: Investissement total (USD) | Tubulaire: Montant du prêt (USD) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Montant du prêt* | USD | 60% | $ 812.67 | $ 487.60 | $ 1,138.88 | $ 683.33 | $ 301.88 | $ 181.13 |
| *Taux d'intérêt du prêt* | % | | | 12% | | 12% | | 12% |
| *Paiement du prêt* | USD/mois | | | -$ 5.85 | | -$ 8.20 | | -$ 2.17 |
| *Paiement annuel du prêt* | USD/an | | | -$ 70.22 | | -$ 98.41 | | -$ 26.09 |
| *Conditions du prêt* | an | | | 15 | | 15 | | 15 |
| *Paiement total du prêt* | USD | | | -$ 1,053.37 | | -$ 1,476.20 | | -$ 391.29 |
| *Intérêt du prêt* | USD | | | -$ 565.76 | | -$ 792.87 | | -$ 210.16 |
| *Intérêt moyen des prêts* | USD/an | | | -$ 28.29 | | -$ 39.64 | | -$ 21.02 |

**Figure 14 : Détails des Coûts de Production de Biogaz**

**Pour cet exemple, le coût de production du dôme fixe vaut 74 USD par an et le coût unitaire du biogaz vaut 0.56 USD par $m^3$. L'intérêt moyen de l'emprunt est de 28 USD par an. Pour les détails concernant les autres types de biodigesteur, se référer à la Figure 14.**

## 7.2 Les résultats résumés par taille du biodigesteur

Les résultats pour la *Composante Biogaz Communautaire* sont présentés selon quatre catégories principales: Les Coûts de Production et Les Investissements; Avantages Sociaux; Avantages Économiques ; et Avantages Financières.

1. L'utilisateur sélectionne d'abord la taille du biodigesteur qui doit être examiné à partir du menu déroulant (Figure 15, étiquette 1). Les résultats pour cette taille spécifique seront générés.
2. Les résultats des coûts de production et des investissements sont présentés comme suit:
   - Le coût de production du biogaz (USD/$m^3$) pour chaque type de bioréacteur (Figure 15, étiquette 2).
   - Base de l'électricité équivalente (USD/kWh équivalent) : L'utilisateur choisit d'abord les carburants classiques pour effectuer l'analyse de comparaison en cliquant sur les cases des carburants (Figure 15, étiquette 3).
   - Le coût total de l'investissement (USD) du biogaz pour chaque type de bioréacteur (Figure 15, étiquette 4).

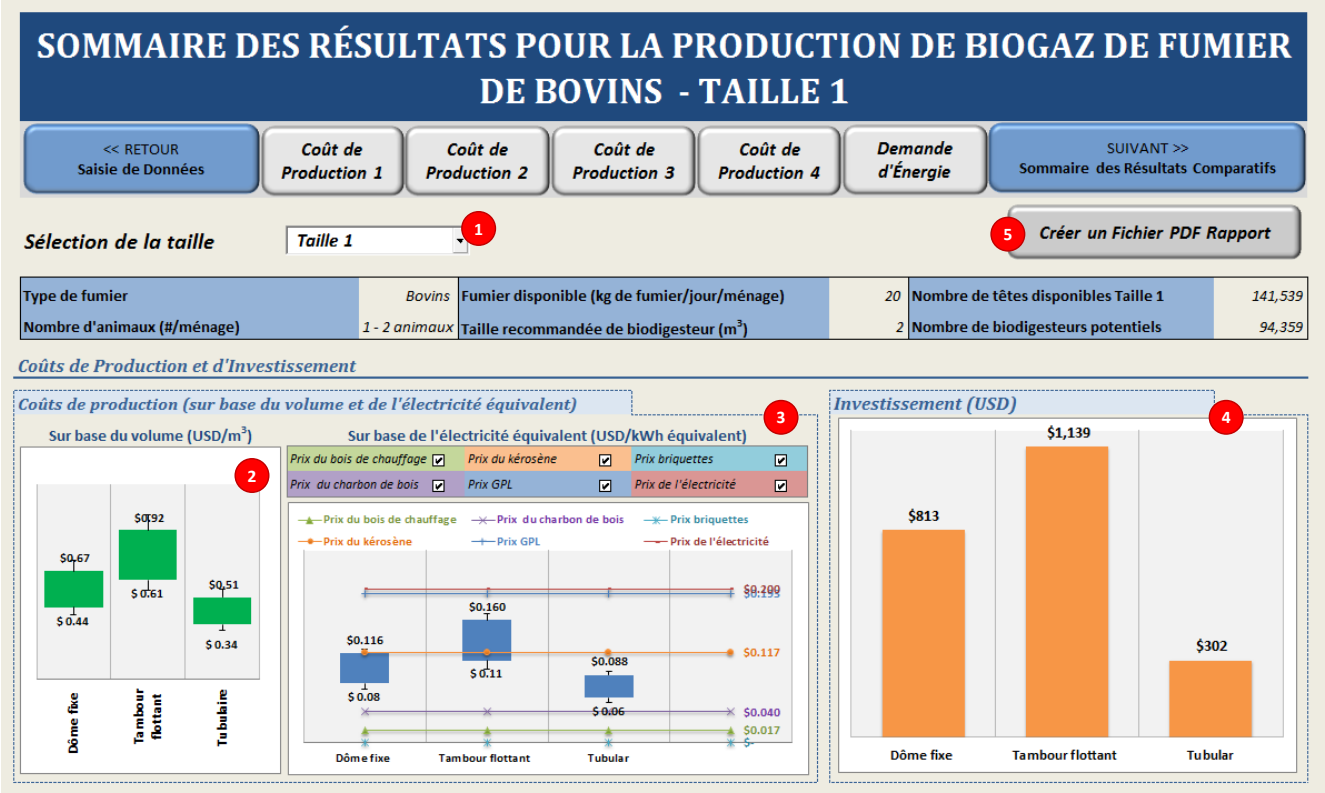



**Figure 15 : Le Coût de Production et Résultats des Investissements**

**Pour la Taille 1, le plus bas coût de production est celui du digesteur tubulaire qui est compris entre 0,088 à 0,06 USD/kWh. Ce coût de production est inférieur au prix du charbon de bois dans le pays, mais plus élevé que le prix du bois de feu. Un coût d'investissement plus faible est nécessaire pour le digesteur tubulaire. Cependant, il est important de garder à l'esprit que le digesteur tubulaire a une durée de vie de seulement 10 années contre 20 années de durée de vie pour le dôme fixe et le tambour flottant (Figure 15).**

3. Les résultats sur les avantages socio-économiques sont présentés comme suit:
   - Le nombre de foyer qui peuvent être approvisionnés en biogaz sur base de l'information nationale sur la disponibilité en biogaz (Figure 16, étiquette 1).
   - La demande en énergie que la production d'un biodigesteur de biogaz peut satisfaire au niveau des ménages (Figure 16, étiquette 1).
   - Les emplois créés pendant la période de mise en œuvre du programme de production de biogaz au niveau national (Figure 16, étiquette 2).
   - Le solde net de la consommation par ménage (Figure 16, étiquette 3). S'il est positif, cela signifie qu'il y a une économie de temps à utiliser du biogaz par rapport aux autres carburants.
   - La quantité d'équivalent engrais t produit par le réacteur de biogaz par foyer (Figure 16, étiquette 4). Les résultats calculent également la valeur d'engrais biologique par rapport au fumier pur. Cela se fait par l'attribution d'une valeur supérieure de l'azote pour l'engrais biologique (engrais –N amélioré) par rapport au fumier pur.

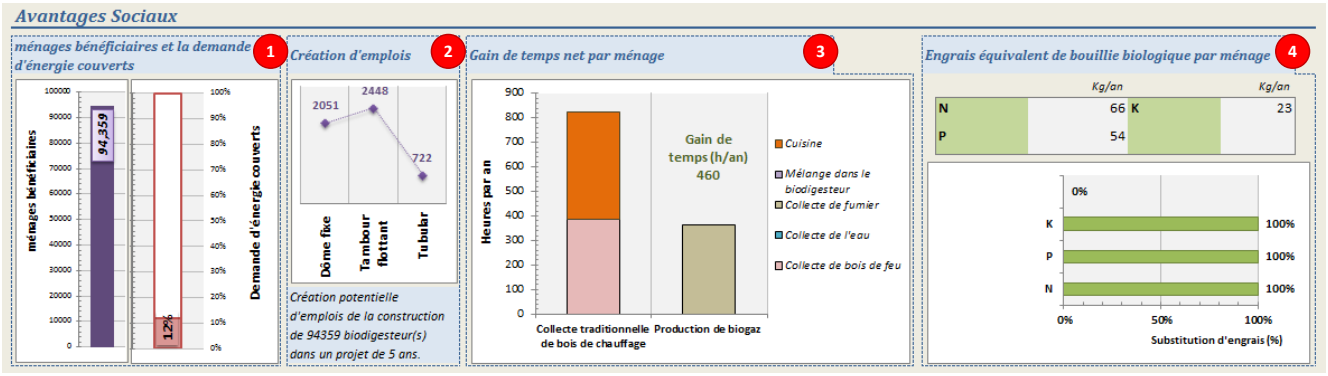



**Figure 16 : Avantages Sociaux Résultats**

**Pour l'exemple de la Taille 1, 94 359 ménages sont bénéficiaires, le nombre potentiel d'emplois qui peuvent être générés pour construire les biodigesteurs dans un programme de 5 ans varie entre 722 et 2448 et de 722 avec le digesteur tubulaire. L'évolution des systèmes de production de biogaz peut libérer 500 heures par an pour les ménages par rapport à l'option traditionnelle de carburant. L'engrais biologique produit à partir du biogaz équivaut à 66 kg d'azote et peut remplacer les engrais chimiques azotés (Figure 16).**

4. Les résultats des avantages économiques montrent que carburant et argent provenant de la production de biogaz (Figure 17), à savoir les éléments suivants:
   - L'économie monétaire obtenue en remplaçant l'utilisation des biocarburants actuels (l'acquisition de charbon de bois) par l'utilisation du biogaz.
   - Les avantages économiques intégrés associés à l'engrais biologique produit par le biogaz. Ceci est basé sur l'évaluation de la bouillie biologique comme engrais.

- L'évaluation du gain de temps générée par l'utilisation de biogaz suppose qu'une partie de ce temps peut être utilisé par le ménage pour d'autres opportunités génératrices de revenus.

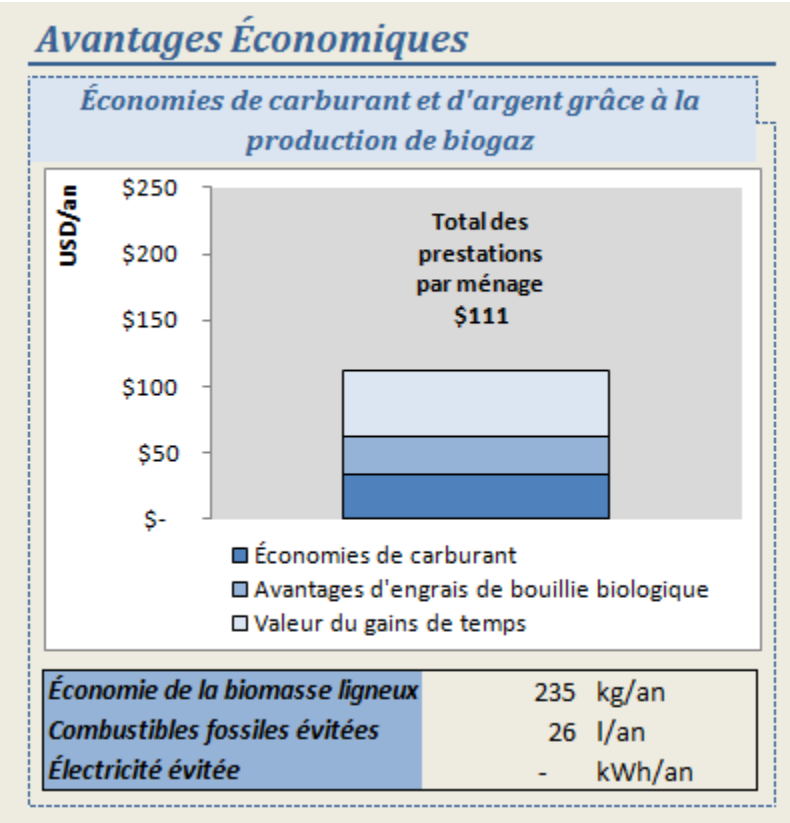



**Figure 17 : Résultats Avantages Économiques**

**Dans l'exemple pour la Taille 1, l'utilisation du biogaz permet d'économiser environ 235 kg par an de biomasse. On peut éviter l'utilisation de 10 litres d'équivalents de combustibles fossiles. La substitution du biogaz pour les sources actuelles de l'énergie en tenant compte des économies de carburant, celles générées par la production d'engrais biologique et en valorisant le gain de temps peut sauver un ménage à 111 USD par année (Figure 17).**

5. Résultats de l'analyse financière (avant impôt): Cette information concerne la faisabilité pour l'installation des biodigesteurs. Il indique également le potentiel d'attraction des ménages à installer des réacteurs. Si les valeurs ne sont pas viables, ceci indique la nécessité d'une intervention du gouvernement par une nouvelle analyse dans le cas où le pays décide de développer un programme de production de biogaz. Les deux principaux indicateurs financiers utilisés dans l'évaluation sont :
   - Valeur Actualisée Nette (VAN) (Figure 18, étiquette 1)
   - Taux De Rendement Interne (TRI) (Figure 18, étiquette 2)

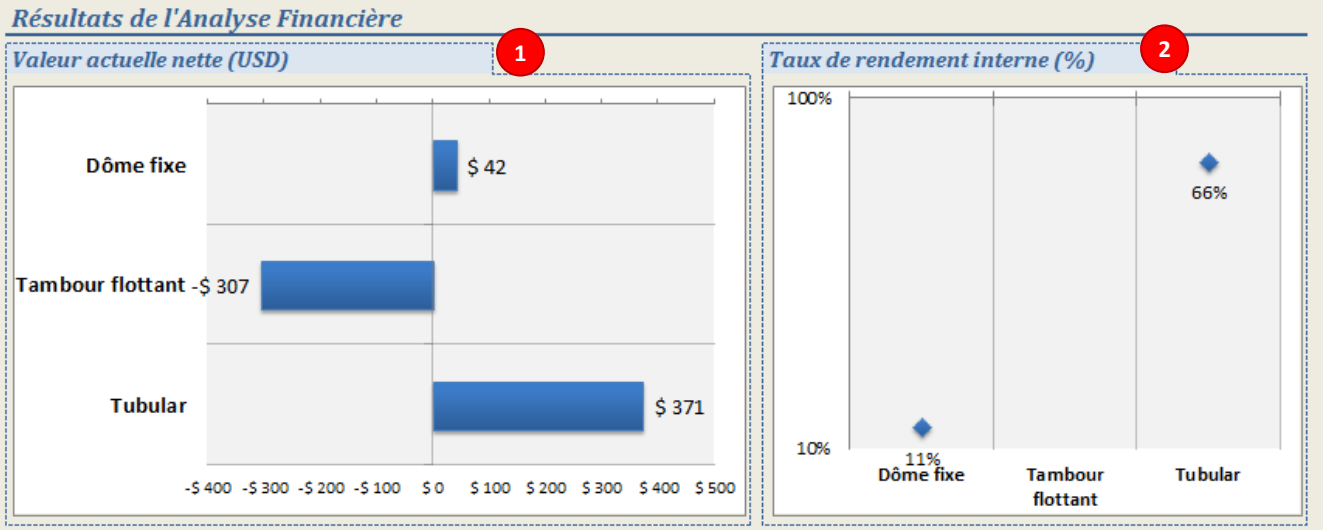



**Figure 18 : Résultats de l'Analyse Financière**

**Pour l'exemple de la Taille 1, les variables financières indiquent que le digesteur tubulaire est le plus viable. Toutefois, l'utilisateur devrait considérer que la durée de vie du digesteur tubulaire est de 10 ans et devra être remplacé par la suite. D'autres considérations incluent également la probabilité que cette technologie soit appropriée au contexte local en termes de conditions environnementales et culturelles. Les variables financières devraient également être considérées en combinaison avec des résultats socio-économiques présentées ci-dessus (Figure 18).**

L'utilisateur peut sauvegarder et imprimer les résultats au format PDF en utilisant ''Créer un rapport PDF'' et en suivant les instructions (Figure 15, étiquette 5).

## 7.3 Le résumé des résultats comparatifs

Dans cette section, l'utilisateur peut comparer les résultats entre les différentes tailles qui ont été évalués.

1. Les résultats de la comparaison sont présentés pour:
   - Les ménages qui on en potentiellement bénéficiés (Figure 19, étiquette 1)
   - Le coût de production (USD /$m^3$) (Figure 19, étiquette 2)
   - Le coût de production (USD /$kWh^3$) (Figure 19, étiquette 2)
   - La création d'emplois (Figure 19, étiquette 3)
2. Une comparaison des résultats financiers avant impôts est générée pour:
   - La valeur actuelle nette (VAN) (USD) (Figure 19, étiquette 4)
   - Le taux de rendement interne (TRI) (%) (Figure 19, étiquette 5)

L'utilisateur peut sauvegarder et imprimer les résultats au format PDF en utilisant "Créer un rapport PDF'' et en suivant les instructions (Figure 19, étiquette 6).

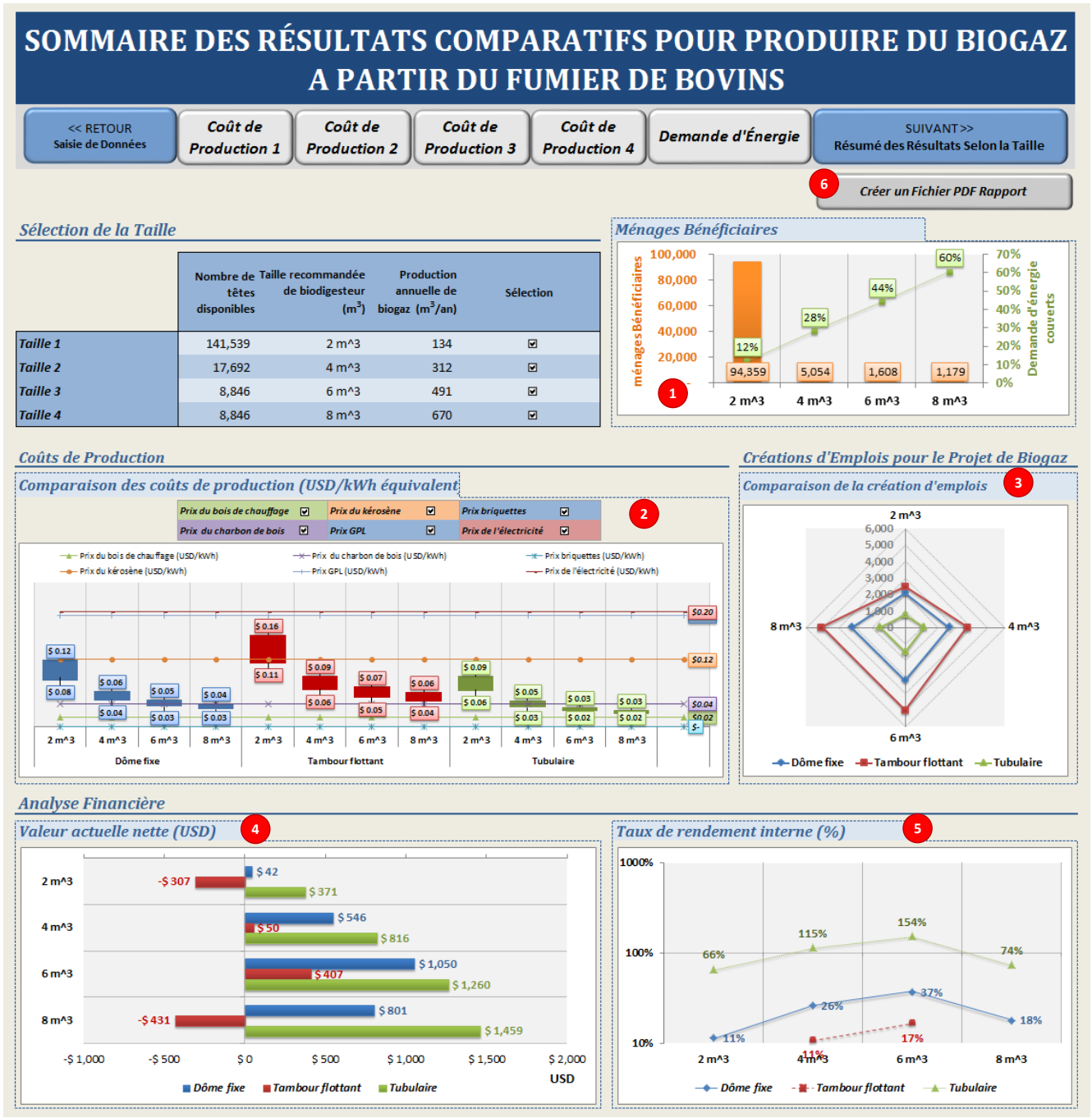



**Figure 19 : Disposition des Résultats Comparatifs**

**Pour cet exemple, les informations obtenues indiquent que pour toutes les possibilités, les tailles de digesteurs tubulaires offrent les plus grands rendements, étant donné les faibles besoins d'investissement pour cette alternative. Cependant, le potentiel de création d'emplois de cette option est la plus faible comparativement aux autres solutions envisagées, et il pourrait représenter une bonne option pour soutenir la création d'emplois en milieu rural.**

**Il est également important de considérer que, compte tenu du volume important de ménages qui possèdent la gamme la plus basse d'animaux (3-4), les tailles de digesteurs les plus viables tomberaient dans la catégorie 4 $m^3$ (taille 1). Cette quantité de la production de biogaz ne satisfera que 28% de la demande d'énergie actuelle des ménages. Par conséquent, pour parvenir à fournir une plus grande part de la demande d'énergie, il serait souhaitable de promouvoir les associations entre les ménages, afin d'augmenter le fumier pour nourrir une grande option telle que la taille 4 à 8 $m^3$ où l'énergie fournie peut répondre à 60% de la demande (Figure 19).**

L'outil vise à répondre aux questions suivantes:

- Quelle quantité de biogaz peut être produit en fonction du type et de la disponibilité en bétail dans les ménages ruraux?
- Quelle est la taille du biodigesteur qui doit être construit en fonction du type et de la disponibilité du fumier dans les ménages ruraux?
- Quel type de réacteur de biodigesteur peut être considéré et combien cela coûterait-il pour construire différents réacteurs de biodigesteur?
- Quelle est la quantité de consommation actuelle d'énergie dans les ménages ruraux (bois de feu, charbon de bois, kérosène, etc.) que le biogaz peut remplacer?
- Quels sont les avantages non-économiques du biogaz de l'utilisation de la bouillie biologique, des économies de temps et de l'évitement de bois de chauffage/charbon?

# 8 Annexe

## 8.1 Méthodologie et Résultats

Cette section décrit les méthodes intégrées dans la *Composante Biogaz Communautaire*. Il comprend également une description des équations qui appuient l'analyse. Les équations ne sont pas visibles pour l'utilisateur, mais leur structure et leur contenu peuvent être importants pour ceux qui vont les mettre à jour et / ou de travailler sur l'amélioration de l'outil.

### 8.1.1 Production Volumétrique de Biogaz

Pour calculer le taux de production du biogaz volumétrique, le modèle Contoin a été utilisé (Hashimoto, Chen et al. 1981):

$$Y_p = B_0 SV_0 \left[1 - \frac{k}{\theta\mu_m - 1 + k}\right] \times \left[\frac{\dot{m}_{fumier}}{\rho_{fumier}} + \frac{\dot{m}_{eau}}{\rho_{eau}}\right]$$

$Y_p$ : taux de production volumétrique du méthane ($m^3$ $CH_4$/d)
$B_0$ : rendement ultime de méthane ($m^3$ $CH_4$/Kg SV)
$SV_0$ : concentration solide volatile initiale (kd SV/$m^3$)
$k$ : paramètre cinétique (sans dimension)
$\theta$ : temps de digestion (d)

$\mu_m$ : taux spécifique maximum (1/d)
$\dot{m}_{manure}$ : taux de fumier (kg/d)
$\rho_{manure}$ : densité du fumier (kg/m$^3$)
$\dot{m}_{water}$ : débit d'eau (kg/d)
$\rho_{water}$ : densité de l'eau (kg/m$^3$) = 1000 kg/m$^3$

Taux spécifique: $\mu_m = 0{,}066[1 + 1100e^{-0{,}187T}]^{-0{,}546}$

$\mu_m$ : Taux maximal spécifique (1/d)
$T$ : température ambiante (ºC) $5 \leq T \leq 60$

Temps de digestion: $\theta = 122{,}16e^{-0{,}05T}$

$\theta$ : Temps de digestion (d)
$T$ : température ambiante (ºC)

Les paramètres cinétiques:

Buffles: $\mathrm{k} = 0{,}6 + 0{,}021\mathrm{e}^{0{,}05\mathrm{SV}_0}$

Bovins: $\mathrm{k} = 0{,}8 + 0{,}01\mathrm{e}^{0{,}06\mathrm{SV}_0}$

Porcs: If $\mathrm{SV}_0 \leq 58{,}6\ {}^{\mathrm{kg}}/_{\mathrm{m}^3}$ $\mathrm{k} = 0;$

If $\mathrm{SV}_0 > 58{,}6\ {}^{\mathrm{kg}}/_{\mathrm{m}^3}$ $\mathrm{k} = 0{,}0866\mathrm{SV}_0 + 4{,}2755$

Une fois que le taux volumétrique de production de méthane est connu, le taux de production de volume du biogaz peut être calculé en tenant compte du pourcentage de méthane dans le biogaz en fonction du fumier utilisé.

### 8.1.2 Les Matériaux de Construction

Les matériaux nécessaires pour la construction de différents types de digesteurs de différents volumes ont été utilisées pour évaluer les régressions, l'obtention d'équations linéaires sous la forme aV + b = c, en utilisant la méthode du moindre carrés, où a et b sont la pente de l'ordonnée à l'origine, respectivement; *V* est le volume du digesteur et *c* est la quantité de matière nécessaire. Les constantes *a* et *b*, sont présentés dans la feuille " matériaux des réacteurs de régression" pour les digesteurs á dôme fixe, tambour flottant (Jatinder Singh et Singh-Sooch 2004; Khandelwal 2007) et digesteur tubulaire (Martí 2008; Filomeno, Bron et al 2010; Filomeno, Fernández et al. 2010).

### 8.1.3 Propriétés de Fumier

**Tableau 1 : Propriétés de Base du Fumier**

| Propriété | Fumier | | | Référence |
|---|---|---|---|---|
| | Buffle | Bovins | Porcs | |
| **Densité (kg/m$^3$)** | 960 | 960 | 1140.9 | (Hubbard and R.R. ; Queenland Government ; Tao and Mancl) |
| **Matières Volatiles** | 0.1364 | 0.1325 | 0.2360 | (Alvarez. Villca et al. 2006) |

**Tableau 2 : Analyse Détaillée du Fumier**

| Fumier | C (%) | H (%) | N (%) | S (%) | O (%) | C/N | Référence |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Buffle** | 32.90 | | 1.70 | | | 19.00 | (Thi Ngo. Rumpel et al. 2011) |
| **Bovins** | 50.39 | 5.77 | 3.94 | 1.31 | 38.58 | 12.80 | (Santoianni. Bingham et al. 2008) |
| **Porcs** | 48.44 | 7.07 | 4.90 | 0.93 | 38.66 | 9.89 | (O'Palko. Jensen et al. 2003) |

**Tableau 3 : Analyse Approximative du Fumier**

| fumier | humidité (%) | matières volatiles (%) | carbone fixe (%) | cendre (%) | Référence |
|---|---|---|---|---|---|
| **Buffle** | 73.49 | | | | (Rashad. Saleh et al. 2010; Thi Ngo. Rumpel et al. 2011) |
| **Bovins** | 36.60 | 31.60 | 6.60 | 25.20 | (Santoianni. Bingham et al. 2008) |
| **Porcs** | 7.22 | 52.32 | 11.33 | 29.13 | (O'Palko. Jensen et al. 2003) |

**Tableau 4 : Propriétés pour le Modèle Contoin**

| Bo (m$^3$/Kg SV) | Fumier | | | Reference |
|---|---|---|---|---|
| | Buffle | Bovins | Porcs | |
| Amérique du Nord | 0.10 | 0.19 | 0.48 | (Hashimoto. Chen et al. 1981) |
| Europe de l'Ouest | 0.10 | 0.18 | 0.45 | |
| Europe de l'Est | 0.10 | 0.17 | 0.45 | |
| Océanie | 0.10 | 0.17 | 0.45 | |
| Amérique Latine | 0.10 | 0.10 | 0.29 | |
| Afrique | 0.10 | 0.10 | 0.29 | |
| Moyen Orient | 0.10 | 0.10 | 0.29 | |
| Asie | 0.10 | 0.10 | 0.29 | |
| Sous-continent indien | 0.10 | 0.10 | 0.29 | |

### 8.1.4 Propriétés biogaz

**Tableau 5 : Composition du Biogaz**

| Composition | Fumier | | |
|---|---|---|---|
| | **Buffle** | **Bovins** | **Porcs** |
| $CH_4$ | 0.591 | 0.577 | 0.588 |
| $CO_2$ | 0.343 | 0.375 | 0.387 |
| $H_2$ | 4.766E-2 | 3.250E-3 | 4.900E-3 |
| $N_2$ | 1.573E-2 | 0.025 | 0.015 |
| CO | 9.532E-4 | 3.250E-3 | 0 |
| $O_2$ | 9.532E-4 | 0.010 | 0 |
| $H_2S$ | 4.766E-4 | 0.006 | 5.100E-3 |
| $NH_3$ | 9.533E-5 | 5.000E-4 | 0 |
| **Référence** | (Flores 2009) | | |

### 8.1.5 Propriétés de la bouillie biologique

**Tableau 6 : Valeurs N-P-K de l'Engrais Biologique**

| Fumier | Base sèche de la concentration des éléments nutritifs | | | Référence |
|---|---|---|---|---|
| | **N (kg N/kg engrais biologique)** | **P (Kg P2O5/kg engrais biologique)** | **K (Kg K2O/kg engrais biologique)** | |
| Buffle | 0.0105 | 0.0082 | 0.0055 | (Islam 2006) |
| Bovins | 0.0170 | 0.0140 | 0.0060 | |
| Porcs | 0.0220 | 0.0180 | 0.0080 | |

### 8.1.6 Calculs

| Eléments | Équation et Hypothèses | Remarques |
|---|---|---|
| **Demande d'énergie** | | |
| Consommation annuelle de carburant i des ménages (équivalent en biogaz par an) | $AF_i = \frac{Carburant_i}{Biogaz_i}$<br><br>où:<br>AFi = la consommation annuelle de carburant i<br>Fuel $_i$ = la consommation de carburant i (kg / jour)<br>i = briquette, bois de chauffage, charbon de bois, le kérosène et le GPL | carburant $_i$ (kg/journée) est saisit par l'utilisateur |
| Consommation annuelle de biogaz équivalent (tonnes par an) | $\mathrm{ABe} = \sum \frac{\mathrm{AF_i}}{\mathrm{CF_i}}$<br><br>où:<br>ABe = équivalent de biogaz annuelle<br>AFi = consommation annuelle de carburant i<br>CFi = facteur de conversion de combustible i<br>i = bois de chauffage, briquettes, charbon de bois, kérosène et GPL | Tableau 10<br>CF de briquette = 1 kg/ $kg_{briquette}$<br>CF de feu de bois=6.11 kg/$kg_{briquette}$<br>CF de charbon de bois= 1.14kg/$kg_{briquette}$<br>CF de kerosene = 0.32kg/$kg_{briquette}$<br>CF de LPG = 0.26 kg/$kg_{briquette}$<br>(Young & Khennas, 2003) |
| La dépense d'énergie de carburant i (USD par an) | $EE_i = Unité\ prix\ carburant \mathrm{i\ x\ AF_i}$<br><br>où:<br>EEi = La dépense d'énergie de carburant i<br>prix unitaire de carburant i (USD/kg)<br>AFi = La consommation annuelle de carburant de i<br>i = bois de chauffage, briquettes, charbon de bois, kérosène et GPL | Unité de prix du carburant i (USD/kg) est saisit par l'utilisateur |
| Revenus potentiels (USD / an) | Biogaz $m^3$ par an x prix du marché des carburants de substitution | Donnés saisies par l'utilisateur |
| **Autres Calculs** | | |
| Économies de temps | économies de temps = temps nécessaire pour recueillir et utiliser le bois - Temps requis pour produire du biogaz | Donnés saisies par l'utilisateur |
| Engrais de bouillie biologique équivalent | Engrais de bouillie biologique équivalent = bouillie biologique produit x engrais d'azote x 0,5<br>On suppose que seulement 50% de la bouillie biologique est utilisée | Donnés saisies par l'utilisateur |
| Les créations d'emplois | | |

## 8.2 Les données requises pour exécuter l'outil

Le Tableau 7 comprend les données requises pour l'utilisation de la *Composante Biogaz Communautaire*.

**Tableau 7 : Les Données Requises pour Utiliser l'Outil**

| Data | Définition et Sources |
|---|---|
| Fumier de bétail | L'utilisateur sélectionne le type de fumier de bétail pour l'analyse et fournit les informations sur le nombre d'animaux par ménage afin d'estimer les matières volatiles (VS) nécessaire dans le modèle technique. Le modèle est fait pour effectuer l'analyse de 4 tailles biodigesteurs de réacteurs sur la base de ces informations. |
| Sélection du pays | L'utilisateur identifie le pays qu'il souhaite analyser. |
| La température ambiante | L'utilisateur fournit la température ambiante (°C), ce peut être une température moyenne dans le pays. |
| Prix des matières premières (USD/ton) | L'utilisateur saisi le coût de fumier. |
| Prix de l'eau (USD/$m^3$) | L'utilisateur saisi le prix de l'eau. |
| Prix de matériau de construction | L'utilisateur saisi le prix du matériau de construction nécessaires pour la construction du réacteur de biodigesteur. |
| Prix des carburants utilisés pour le chauffage et la cuisson | L'utilisateur saisi le coût de fumier. |
| Pourcentage du bois de chauffage recueilli | L'utilisateur saisi le prix de l'eau. |
| Coût de la main-d'œuvre | L'utilisateur entre les données sur les salaires horaires estimés (USD/heure) pour le maçon et les aides de construction |
| Fumier et engrais de consommation | L'utilisateur identifie la consommation (kg/an) de fumier et d'engrais (azote, phosphore, potasse) par ménage et ses prix respectifs. |
| L'emploi du temps pour la collecte du combustible | L'utilisateur utilise les valeurs par défaut de l'outil ou saisit des valeurs de sa propre information sur le temps que les ménages ruraux utilisent pour la collecte de bois, de fumier et d'eau, la préparation du fumier pour le digesteur (mélange) et la cuisine. |
| Paramètres financiers | L'utilisateur fournit des informations sur les paramètres financiers:<br>o taux d'actualisation (%),<br>o l taux d'intérêt du prêt (en%),<br>o durée du prêt (années),<br>o ratio du prêt (%)<br>o l'indice du coût de l'usine http://base.intratec.us/home/ic-index<br>Cette information peut provenir de prêts en cours accordés aux petits exploitants agricoles par les banques agricoles. |
| Les types et les quantités de combustibles typiques utilisés pour le chauffage et la cuisson | Les combustibles sont le charbon de bois, bois de chauffage, le kérosène, briquette, l'électricité et le GPL qui sont utilisés pour le chauffage et la cuisson des ménages urbains et ruraux (unité d'origine de carburant par jour et par ménage). |
| Prix des carburants utilisés pour le chauffage et la cuisson | Le prix actuel de combustibles tels que le charbon de bois, bois de chauffage, le kérosène, briquette, l'électricité et le GPL en d'USD/ unité d'origine du carburant. |

# 9 Références

Alvarez, R., S. Villca, et al. (2006). "Biogas production from llama and cow Fumier at high altitude." Biomass and Bioenergy**30**(1): 66-75.

Filomeno, S., W. Bron, et al. (2010). "Estudio de la factibilidad para un programa de biogas en Honduras, Tegucigalpa."

Filomeno, S., M. Fernández, et al. (2010). "Estudio de la factibilidad para un programa de biogas en Nicaragua. Nicaragua."

Flores, E. (2009). "Producción de Energía Mediante Estiércol de Vaca." Primer Foro Regional de Análisis del Potencial Energético Renovable

Hashimoto, A. G., Y. R. Chen, et al. (1981). "Anaerobic Fermentation of Beef Bovins Fumier." Final Report to Solar Energy Research Institute. U.S. Department of Energy.

Hubbard, R. K. and L. R.R. "Management of Diary Bovins Fumier. http://www.ars.usda.gov."

Islam, M. S. (2006). "Use of Bioslurry as Organic Fertilizer in Bangladesh Agriculture." Prepared for Presentation at the International Workshop on the Use of Bioslurry Domestic Biogas Programmes.

Jatinder-Singh, K. and S. Singh-Sooch (2004). "Comparative study of economics of different models of family size biogas plants for state of Punjab, India." Energy conversion and Management**45**: 1329 - 1341.

Khandelwal, K. C. (2007). "Country Report on Financing of Domestic Biogas Plants in India."

Martí, J. (2008). "Biodigestores familiares. Guia de diseño y manual de instalación. Biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano." Cooperación Técnica Alemana - GTZ. Programa de Desarrollo Agropecuario (PROAGRO). Componente Acceso a Servicios Energéticos. Bolivia.

O'Palko, A., M. D. Jensen, et al. (2003). Advanced Heterogeneous Reburn Fuel from Coal and Hog Fumier. Final Report A. C. U. S. D. o. E. N. E. T. Laboratory.

Queenland Government "Fumier Production Data. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. www.daff.qld.gov.au."

Rashad, F. M., W. D. Saleh, et al. (2010). "Bioconversion of rice straw and certain agro-industrial wastes to amendments for organic farming systems: 1. Composting, quality, stability and maturity indices." Bioresource Technology**101**: 5952–5960.

Ratamu, I. (1999). "Low Cost Biodigestors for Zero Grazing Smallholder Dairy Farmers in Tanzania." Livestock Research for Rural Development**11**(2).

Santoianni, D. A., M. F. Bingham, et al. (2008). "Power from Animal Waste – Economic, Technical, and Regulatory Landscape in the United States." Journal of EUEC**2**.

Schmitz, T. D. (2007). Feasibility Study for a National Domestic Biogas Programme in Tanzania, Biogas for Better Life - an African Initiative.

Tao, J. and K. Mancl "Estimating Fumier Production, Storage Size and Land Application Area. Fact Sheet. Agriculture and Natural Resources. The Ohio State University Extension."

Thi Ngo, P., C. Rumpel, et al. (2011). "Transformation of Buffle Fumier by composting or vermicomposting to rehabilitate tropical soils." Ecological engineering**37**: 269-276.